



UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Escola Politécnica Superior

Departamento de Enxeñería Agroforestal

ABANDONO DA AGRICULTURA E CAMBIOS NA CUBERTA DO SOLO:
APLICACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA HISTÓRICA, MODELOS DE
REGRESIÓN LOXÍSTICA E SISTEMAS DE AXUDA Á DECISIÓN PARA O
PLANEAMENTO TERRITORIAL NA COMARCA DA TERRA CHÁ (LUGO)

Tese de Doutoramento

Eduardo José Corbelle Rico

Lugo, xullo de 2009



UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Escola Politécnica Superior

Departamento de Enxeñería Agroforestal

G. I. 1934 TTB–Laboratorio do Territorio

ABANDONO DA AGRICULTURA E CAMBIOS NA CUBERTA DO SOLO:
APLICACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA HISTÓRICA, MODELOS DE
REGRESIÓN LOXÍSTICA E SISTEMAS DE AXUDA Á DECISIÓ PARA O
PLANEAMENTO TERRITORIAL NA COMARCA DA TERRA CHÁ (LUGO)

Tese de Doutoramento

Memoria para optar ó grao de doutor realizada por

Eduardo José Corbelle Rico
Enxeñeiro de Montes

Visto e prace. Directores:

Dr. Rafael Crecente Maseda

Dra. Inés Santé Riveira

Lugo, xullo de 2009

Traballo desenvolvido ó abeiro dun contrato predoutoral do programa María Barbeito da Dirección Xeral de Investigación, Desenvolvemento e Innovación da Xunta de Galicia.

*Dedicado á memoria de Rosa e de Eduardo,
con todo o cariño que eles me deron.*

Resumo

O contexto actual do medio rural galego presenta unha serie de problemas que afectan á súa viabilidade futura como fonte de emprego, benestar e bens e servizos para a sociedade. Entre estes destacan os incendios forestais, o empobrecemento da paisaxe e a diminución e envellecemento da poboación rural. Por outra parte, moitas explotacións sofren problemas de rendibilidade económica como consecuencia do elevado prezo de insumos como o combustible, agroquímicos e pensos concentrados, e o baixo prezo de moitos dos seus produtos, particularmente daqueles nos que o sector se especializou. O descenso no número de explotacións é constante, pese ó que a superficie agrícola utilizada media por explotación non se incrementou tanto como para satisfacer de xeito non traumático as demandas de extensión derivadas das reformas en curso da Política Agrícola Común da Unión Europea. O abandono da agricultura que afecta a moitas superficies da Comunidade Autónoma aparece como factor intermedio entre os aspectos mencionados, ó ser causa de algúns pero tamén consecuencia de outros.

Neste contexto chama a atención a falta de estudos que analicen o problema do abandono desde o punto de vista territorial: dos cambios da cuberta do solo que implica derívanse grande parte das consecuencias económicas, ambientais e paisaxísticas negativas ocorridas no último medio século. En consecuencia, o obxectivo xeral deste traballo non é estudar as causas demográficas, sociais e económicas que motivaron o proceso senón estudar o seu alcance territorial, que características da terra e das parcelas o favoreceron e cales destas características poden ser utilizadas para elaborar un sistema de axuda á decisión para o planeamento territorial, en particular para a delimitación do solo rústico de protección agropecuaria contemplado nos Planes Xerais de Ordenación Municipal (PXOM) redactados ó abeiro da Lei do Solo de Galicia. Entre as técnicas e métodos empregados destaca o uso da fotografía aérea histórica como elemento central, combinado coa revisión de fontes estatísticas e cartográficas xa existentes, así como co emprego de modelos de cambio de uso do solo de base estatística, sistemas de información xeográfica e sistemas de avaliación multicriterio. Como resultado secundario do traballo tamén se propón un método para a clasificación automática de cubertas do solo a partir da fotografía aérea en branco e negro.

Os resultados levan a concluir que o período de maior descenso da superficie agrícola utilizada en Galicia ocorreu con posterioridade á entrada de España na Comunidade Económica Europea (1986), concentrado principalmente nas provincias de Ourense e Pontevedra. Ademais fíxose evidente a natureza complexa desde o punto espacial deste proceso, que fai que exista considerable variabilidade entre os concellos dunha mesma provincia así como que coexistan os fenómenos opostos de abandono da agricultura e roturación de terras de monte dentro do mesmo concello. O estudo das parcelas que deixaron de ser utilizadas pola agricultura mostrou que tanto factores

de tipo biofísico como estrutural tiveron influencia no proceso, e que estes últimos tiveron unha relevancia moi particular no proceso de roturación e mantemento da superficie agrícola total. Derivado destas conclusións, o traballo propón un método de avaliación multicriterio pensado para facilitar ós técnicos de planeamento a tarefa de delimitar a terra agrícola protexida de cambios de uso.

Abstract

A number of problems plague the current context of rural areas in Galicia that affect their future viability as source of employment, welfare and goods and services for society. Among those problems are wildfires, loss of landscape quality, and the decrease and ageing of population. Many farms suffer from poor profitability as a consequence of the rising prices of inputs —fuel, agrochemicals, fodder. . . — and the decreasing prices of their products, particularly of those in which the Galician agriculture is specialized. The decrease of the number of farms has been a constant for many decades, in spite of which the average cultivated area per farm has not increased so much as to painlessly satisfy the demands of extensification that derive from ongoing reforms of Common Agricultural Policy of the European Union. Agricultural abandonment, which took place in many areas in Galicia, appears as an intermediate factor between the mentioned issues, as it is a cause for some of them but also a consequence of others.

A need for studies that looked at the issue of land abandonment from a perspective centred on the territory was detected: agricultural abandonment of land usually implies changes in land cover that are at the heart of many economic, environmental and landscape-related negative effects that have arisen in the last fifty years. The global objective of the work is not centred on the demographic, economic and social causes of the process —already studied by other authors—, but on the amount of area affected, which characteristics of land and parcels made it more likely to take place, and which of these characteristics may be taken into account in a decision support system for land planning at the municipal level. Among the methods and techniques used the study of historical aerial photographs stands out as the central element, combined with the study of statistical and cartographic sources about land use, land cover change models, geographic information systems and multicriteria assessment systems. Incidentally, a method for object-oriented automatic classification of black and white aerial photographs is also proposed.

Results show that the most important decrease of farmed area in Galicia took place after the entry of Spain in the European Economic Community (1986), concentrated in the Southern provinces of Ourense and Pontevedra. Nevertheless, it became evident the spatially complex nature of the process, with significant differences between municipalities within the same province, and also through the coexistence of opposed changes such as agricultural abandonment and intensification of agricultural use within the same municipality. The study of those parcels that ceased to be farmed showed that both biophysical and structural factors were influencing the process, while at the same time the latter were having a big influence on the stability and intensification of agricultural use. Derived from these conclusions, a decision support system based on multicriteria assessment is proposed for the delineation of protected agricultural land at municipal level.

Publicacións derivadas

Artigos publicados:

Corbelle Rico, E., Crecente Maseda, R. (2008) “O abandono de terras: concepto teórico e consecuencias”, *Revista Galega de Economía*, 17 (2): 47-62.

Corbelle Rico, E., Crecente Maseda, R. (2008) “Estudio da evolución da superficie agrícola na comarca da Terra Chá a partir de fotografía aérea histórica e mapas de usos, 1956-2004”, *Recursos Rurais*, 1 (4): 57-65.

Corbelle Rico, E., Crecente Maseda, R. (2009) “Métodos para la clasificación automática de fotografías aéreas históricas en blanco y negro”. *GeoFocus*, 9: 270-289.

Corbelle Rico, E., Crecente Maseda, R. (2009) “Evolución histórica de la Superficie Agrícola Utilizada en Galicia (1962-2006). Integración de fuentes estadísticas y cartográficas” (nota técnica). *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9 (2): 181-192.

Ponencias en congresos e xornadas técnicas:

Corbelle Rico, E. (2007) “Land abandonment: a short overview in 6 steps.” Ponencia invitada na xornada técnica “Instruments to face land abandonment” do proxecto FARLAND (Interreg III C), Santiago de Compostela, 19 de abril.

Corbelle Rico, E. (2009) “Estimating potential supply and demand of land in Galicia: A decision support tool for the Galician Land Bank.” Ponencia invitada no *FAO Regional Workshop on Land Tenure and Land Consolidation*, Santiago de Compostela, 9–11 de febreiro.

Corbelle Rico, E., Crecente Maseda, R. (2009) “An alternative approach for object oriented classification of historical black and white aerial photographs using GRASS GIS and R”. International Open-source Geospatial Research Symposium (*OGRS 2009*), Nantes, 8–10 xullo.

Corbelle Rico, E. (2009) “Threatened agricultural land? Recent trends and consequences for European rural areas.” Ponencia invitada no FARLAND workshop "How to revitalise farming and agricultural land use? European options for the future", Oeiras-Lisboa, 16–18 de setembro.

Corbelle Rico, E., Crecente Maseda, R. (2009) “Patterns of change of agricultural area: a case study in NW Spain, 1957-2004” (Poster). *3rd EARSeL Workshop Land Use and Land Cover*, Bonn, 25–27 novembro.

Agradecementos

Despois de varios anos de traballo resulta evidente que o número de persoas que colaboraron, dun modo ou outro, a que este documento teña finalmente a forma na que se presenta é bastante considerable. A todas elas estou sumamente agradecido. Desgraciadamente, tanto o propio proceso de elaboración como a súa duración parecen ser pouco favorecedores da memoria persoal, co resultado inevitable de que sexa case imposible non esquecer a ninguén. Para aqueles casos —que confío sexan poucos— nos que suceda vaian por adiantado as miñas desculpas.

Débolle un primeiro lugar ós meus directores de tese, os doutores Rafael Crecente e Inés Santé, pola confianza que depositaron en min para a realización deste traballo e polo seu seguemento posterior: estou seguro de, aínda que menos intenso do que lles gustaría, este estivo ó límite (e algo máis alá) do que as circunstancias persoais permitiron. Por esta razón, o agradecemento é dobre.

Teño un lugar especial para tódolos compañeiros do **Laboratorio de Territorio** da USC por ofrecerme un magnífico ambiente de traballo no que me sentín axiña acollido e pola oportunidade de intercambiar con eles/as coñecementos e inquietudes. Por tratarse dun grupo numeroso e en constante renovación sería difícil nomear a todos, e creo que non incorro en inxustiza se menciono en primeiro lugar ós máis próximos no espazo: Andrés García, Fabián Reyes, Eva González, Lupe García e Eduardo González. A todos eles agradézolles a súa compañía e os ánimos que me aportaron durante moitas sesións de café de media mañá. A maiores, quero agradecer a Carlos Díaz a súa axuda coa interpretación das fotografías aéreas de 1956 e a súa paciencia para responder as miñas múltiples dúbidas sobre planeamento municipal, a Pablo Díaz a súa rápida resposta a tódalas miñas peticións relacionadas coa informática, e a Miguel Cordero as facilidades que me deu para a utilización de equipos cando me foi preciso. A Urbano Fra débolle a inestimable aportación dos seus comentarios e suxerencias, e a David Miranda e a Manuel Pérez a facilidade para acceder a información cartográfica. Por último, tamén estou en débeda con Elsa Coímbra e Quico Ónega polas longas discusións e as boas ideas que xurdiron delas, e con Dori Sarmiento pola súa eficaz (á par que eficiente) colaboración para sacar adiante outros traballos, que me deu tempo libre para dedicalo á tese.

Ós compañeiros do SITGA cos que colaborei durante este tempo agradézolles as súas suxerencias e a información que me facilitaron sobre estatísticas de usos, en especial a Patricia Ferradáns (unha veterana do LaboraTe, en definitiva) e a Marcial Díaz. Tamén lle debo un especial recoñecemento á *Dirección General de Medio Natural y Política Forestal*, en particular ó Dr. Roberto Vallejo polas facilidades para o acceso ós seus fondos documentais.

A toda a miña familia —tamén e con especial cariño ós que se foron— débolles o ánimo e a confianza que nunca me faltaron, aínda cando a vida

nos deixa entrever a súa cara máis dura e o día a día se convirte nunha tarefa difícil. A miña aboa, meus pais, e meu padriño —que verdadeiramente se tomou en serio o seu papel— son o maior aliciente para continuar o traballo. Traballo que por certo tamén continuou adiante gracias ó apoio (case) incondicional de Alba, que aceptou devanar comigo esta madeixa —non necesariamente cantando— e que chegou comigo ó acordo tácito de turnarnos nos bos e malos momentos de cada un. Por suposto non podían faltar os amigos, ós que descubrín máis numerosos do que eu cría e que tamén teñen unha moi importante contribución a este traballo.

Quero deixar constancia do meu agradecemento á Consellería de Innovación e Industria da Xunta de Galicia, responsable do programa de contratos predoutorais “María Barbeito”, que proporcionou o financiamento para que este traballo fora levado a cabo.

E por último un pequeno toque *freak* para agradecer a Mike Harding —que obviamente non me coñece— os seus fabulosos programas “*on the very best in folk, roots, and accoustic music*” na BBC 2, que puxeron grande parte da banda sonora que me acompañou durante estes últimos anos.

Índice xeral

1. Introducción	1
1.1. O abandono e o ordenamento territorial	2
1.2. Motivación	4
1.3. Obxectivos	6
1.4. Estrutura	6
1.5. Materiais	9
1.5.1. Material cartográfico e estatístico	9
1.5.2. Aplicacións informáticas	10
2. Abandono da agricultura: concepto e consecuencias	11
2.1. Introducción	12
2.2. Concepto teórico	14
2.2.1. O proceso de abandono: enfoque estático ou dinámico	14
2.2.2. A competencia doutros usos: abandono da agricultura e abandono da terra	16
2.3. Localización xeográfica do abandono	18
2.4. Consecuencias	20
2.4.1. Consecuencias ambientais e paisaxísticas	20
2.4.2. Consecuencias culturais	23
2.4.3. Consecuencias económicas	24
2.5. Percepción social	25
2.6. Conclusións	26
3. Evolución da Superficie Agrícola Utilizada en Galicia (1962- 2006)	29
3.1. Introducción e obxectivos	30
3.2. Fontes de información dispoñibles	31
3.2.1. Anuarios estatísticos do Ministerio de Agricultura . .	31
3.2.2. Censos Agrarios	33
3.2.3. Anuarios estatísticos da Xunta de Galicia	34

3.2.4.	Inventario Forestal Nacional	35
3.2.5.	Corine Land Cover	35
3.2.6.	Mapa de cultivos e aproveitamentos	36
3.2.7.	Mapa de cubertas e usos do solo de Galicia	37
3.2.8.	Mapa de recintos SIGPAC	37
3.3.	Comparación das fontes	38
3.3.1.	O cómputo dos pasteiros	40
3.4.	Evolución da SAU en Galicia	42
3.5.	Evolución a nivel provincial	44
3.6.	Conclusións	45
4.	Evolución da Superficie Agrícola Utilizada na Terra Chá (1956-2004)	49
4.1.	Introdución e obxectivos	50
4.1.1.	Breve descrición da área de estudio	50
4.1.2.	Elección do período de estudio	56
4.1.3.	O uso do territorio no sistema tradicional	58
4.2.	Materiais	60
4.2.1.	O voo fotográfico de 1956-57	60
4.2.2.	Mapa de recintos e fotografías aéreas do SIGPAC . . .	61
4.3.	Método	62
4.3.1.	Dixitalización e ortorrectificación da fotografía de 1956	62
4.3.2.	Deseño da mostraxe	63
4.3.3.	Fotointerpretación na fotografía de 1956-1957	64
4.3.4.	Obtención da cuberta de 2003-2004	65
4.4.	Resultados	66
4.4.1.	Fiabilidade das estimacións	66
4.4.2.	Distribución das cubertas do solo	67
4.4.3.	Dirección dos cambios ocorridos	67
4.4.4.	Cambios por grupos de concellos	71
4.5.	Conclusións	75
5.	Modelización dos cambios de uso do solo mediante regresión loxística	79
5.1.	Introdución	80
5.1.1.	Obxectivos e material	81
5.1.2.	Modelos de cambio de uso/cuberta do solo	82
5.1.3.	A regresión loxística	83
5.1.4.	Variables utilizadas na bibliografía	84
5.2.	Metodoloxía	85
5.2.1.	Variables recopiladas	85
5.2.2.	Análise de correlación entre variables	89
5.2.3.	Análise de autocorrelación	92
5.2.4.	Axuste dos modelos	93

5.3. Resultados e discusión	95
5.4. Conclusións	99
6. Clasificación automática de fotografías aéreas en branco e negro	103
6.1. Clasificación de imaxes	104
6.1.1. Clasificación de imaxes pancromáticas	105
6.2. Obxectivos	106
6.3. Material	106
6.4. Método	107
6.4.1. Comprobacións da radiometría	108
6.4.2. Segmentación por umbrais	108
6.4.3. Métodos de clasificación orientada a obxectos	110
6.4.4. Información textural	113
6.5. Resultados	113
6.6. Conclusións	115
7. Sistemas de axuda á decisión: modelo de aptitude agrícola na Terra Chá	127
7.1. Introducción	128
7.1.1. O marco legal en Galicia	129
7.1.2. Obxectivos	133
7.1.3. Sistemas de axuda á decisión	133
7.1.4. Modelos de avaliación da terra	136
7.2. Materiais e métodos	142
7.2.1. Variables seleccionadas	142
7.2.2. Puntuación dos factores	145
7.2.3. Ponderación	149
7.2.4. Análise de sensibilidade	149
7.3. Resultados	150
7.3.1. Da análise de sensibilidade	150
7.3.2. Proposta de uso	156
7.4. Conclusións	157
8. Conclusións	163
8.1. Liñas de traballo abertas	166
A. Producción de cartografía climática mediante interpolación 3D	169
A.1. Introducción e obxectivos	170
A.2. Materiais	171
A.3. Método	172
A.4. Resultados	173
A.5. Conclusións	174

B. Diagramas condicionais e modelos de regresión	175
C. Puntuación dos factores considerados no capítulo 7	189
Bibliografía	201
Índice alfabético	223
Curriculum Vitae	225

Índice de figuras

1.1. Previsión de áreas afectadas por abandono da agricultura en 2030	4
2.1. Perda de SAU por urbanización na UE, 1990-2000	13
2.2. Evolución do número de explotacións en Galicia, 1962-1999 .	15
2.3. O abandono como proceso: a retirada da agricultura	17
2.4. Concellos galegos declarados zonas desfavorecidas para a agricultura	19
2.5. Clasificación das rexións europeas en función da súa produtividade agrícola	20
2.6. Clasificación da marxinalidade agrícola das rexións europeas .	21
2.7. Variación da poboación nos concellos de Galicia, 1998-2006 .	25
3.1. Comparación das cifras de SAU ofrecidas por diferentes fontes estatísticas	39
3.2. Evolución da SAU con pasteiros, 1973-2006	41
3.3. Evolución da SAU sen pasteiros, 1962-2006	42
3.4. Evolución da SAU provincial, 1962-2006	45
4.1. Situación da Terra Chá en Galicia	51
4.2. Lugares de Importancia Comunitaria na Terra Chá	51
4.3. Porcentaxe de superficie parroquial afectada por concentración parcelaria	57
4.4. Sectores de colonización do antigo INC	57
4.5. Formas de organización agraria según Bouhier	59
4.6. Pasadas do voo de 1956-1957 sobre a área de estudio	63
4.7. Interpretación dalgunhas cubertas en zona de agras	64
4.8. Evolución da SAU municipal (1956-2004)	68
4.9. Mapas de cubertas do solo derivados da mostraxe (1956 e 2004)	69
5.1. Presentación dos resultados da regresión loxística (1)	95

5.2. Presentación dos resultados da regresión loxística (2)	97
6.1. Fotografía orixinal para as probas de clasificación	107
6.2. Variación dos niveis de gris coa distancia radial	108
6.3. Histograma da fotografía orixinal	109
6.4. Histograma das diferentes clases a identificar	110
6.5. Árbore de clasificación supervisada	112
6.6. Varianza local con tamaño de ventá 5	114
6.7. Resultados da clasificación por umbrais	119
6.8. Resultados da clasificación SMAP sen información textural .	120
6.9. Resultados da clasificación SMAP con información textural .	121
6.10. Resultados da clasificación FNAE sen información textural .	122
6.11. Resultados da clasificación FNAE con información textural .	123
6.12. Resultados da clasificación con árbores de decisión sobre o parcelario actual	124
6.13. Clasificación da cuberta de 1956 utilizando árbores de deci- sión e o parcelario SIGPAC	125
7.1. Códigos da clasificación da capacidade produtiva do solo . . .	138
7.2. Esquema dunha análise conxunta de incertidume e sensibilidade	142
7.3. Porcentaxe de perímetro compartido con arborado	144
7.4. Comparación das aptitudes calculadas con diferentes combi- nacións de pesos (1)	151
7.5. Comparación das aptitudes calculadas con diferentes combi- nacións de pesos (2)	152
7.6. Comparación de diferentes métodos de combinación	153
7.7. Influencia da puntuación no resultado do modelo	155
7.8. Exemplo de relación entre aptitude e superficie: concello de Guitiriz	157
7.9. Exemplo de delimitación de solo rústico de protección agro- pecuaria: Guitiriz	159
7.10. Clasificación dos concellos por área total de mato	160
7.11. Clasificación dos concellos pola aptitude media das parcelas de mato	160
7.12. Clasificación dos concellos pola área de mato ponderada pola súa aptitude	161
7.13. Clasificación das parroquias pola área total de mato	161
7.14. Clasificación das parroquias pola aptitude media das parcelas de mato	162
7.15. Clasificación das parroquias pola área de mato ponderada pola súa aptitude	162
A.1. Modelo de elevacións de Galicia do SRTM3	172
A.2. Influencia dos parámetros T e S no erro de interpolación . . .	173

A.3. Mapa de temperatura media anual de Galicia	174
B.1. Diagramas condicionais para a SAU de 1956	176
B.2. Diagramas condicionais para a SAU de 1956 (cont.)	177
B.3. Diagramas condicionais para a SAU de 2004	178
B.4. Diagramas condicionais para a SAU de 2004 (cont.)	179
B.5. Diagramas condicionais para a transición de SAU a mato . .	180
B.6. Diagramas condicionais para a transición de SAU a mato (cont.)	181
B.7. Diagramas condicionais para a transición de SAU a arborado	182
B.8. Diagramas condicionais para a transición de SAU a arborado (cont.)	183
B.9. Diagramas condicionais para a transición de mato a SAU . .	184
B.10. Diagramas condicionais para a transición de mato a SAU (cont.)	185
B.11. Diagramas de regresión loxística: SAU de 1956 e SAU de 2004	186
B.12. Diagramas de regresión loxística: transicións entre cubertas .	187
C.1. Capacidade produtiva do solo	190
C.2. Radiación solar total no solsticio de inverno	191
C.3. Altitude	192
C.4. Pendente do terreo	193
C.5. Proximidade a núcleos de poboación	194
C.6. Uso actual da parcela e das parcelas contiguas	195
C.7. Uso pasado	196
C.8. Tamaño de parcela	197
C.9. Forma da parcela	198
C.10. Proximidade a vías	199

Índice de táboas

3.1. Evolución da SAU sen pasteiros (ha)	48
4.1. Superficie dos concellos que forman a Terra Chá	51
4.2. Variables demográficas da Terra Chá	53
4.3. Evolución da poboación comarcal	53
4.4. Evolución do número de explotacións (1962-1999)	55
4.5. Evolución da superficie das explotacións (1962-1999)	55
4.6. Adaptación da lenda do SIGPAC	66
4.7. Ocupación do solo en 1956-1957 (%)	67
4.8. Ocupación do solo en 2003-2004 (%)	68
4.9. Matriz de transicións observadas entre 1956 e 2004 (km ²)	71
4.10. Transicións entre cubertas: concellos grupo 1 (km ²)	73
4.11. Transicións entre cubertas: concellos grupo 2 (km ²)	73
4.12. Transicións entre cubertas: concellos grupo 3 (km ²)	73
4.13. Evolución do número de explotacións e aproveitamento da superficie total	73
4.14. Superficie queimada no período 2001-2005	75
5.1. Variables atopadas en estudos de LUCC (1)	86
5.2. Clave de autores para a táboa 5.1	87
5.3. Variables recopiladas	88
5.4. Correlación entre as variables biofísicas cuantitativas *	91
5.5. Correlación entre as variables estruturais cuantitativas *	91
5.6. Estatísticos descritivos das variables explicativas seleccionadas	93
5.7. Resumo de resultados	96
6.1. Matriz de confusión: clasificación por umbrais	117
6.2. Matriz de confusión: clasificación SMAP sen información de textura	117
6.3. Matriz de confusión: clasificación SMAP con información de textura	117

6.4. Matriz de confusión: clasificación eCognition sen información de textura	118
6.5. Matriz de confusión: clasificación eCognition con información de textura	118
6.6. Matriz de confusión: clasificación utilizando o parcelario actual	118
7.1. Variables para o LESA	143
7.2. Puntuación do factor “capacidade produtiva do solo”	146
7.3. Puntuación das clases de pendente do terreo	147
7.4. Combinacións de pesos utilizadas na análise de sensibilidade .	149
7.5. Combinacións de aptitudes calculadas con diferentes pesos . .	151
7.6. Combinacións de aptitudes calculadas con diferentes pesos (2)	152
7.7. Comparación de diferentes métodos de combinación	153

Capítulo 1

Introdución

Dos varios problemas ambientais e estruturais que afectan ó medio rural galego, probablemente sexa o dos incendios forestais o que máis atrae a atención do público polas cifras que leva asociadas. Por exemplo, a superficie queimada no período 1996-2007 foi de 4.220 km² ([Ministerio de Medio Ambiente 2005, 2006, 2007](#)), equivalentes ó 15 % da superficie total de Galicia; o dispositivo de defensa chega a ocupar arredor de 6.000 persoas durante a campaña de máximo risco ([Consellería de Medio Rural 2008](#)); a valoración das perdas económicas ocasionadas tan só pola vaga de 2006 acada os 211 millóns de euros ([Barrio et al. 2007](#)). As causas do fenómeno son de varios tipos entre os que se inclúen cuestións de tipo climático, económico e sociolóxico, e a acción do home adoita ser o detonante último case sempre ([Ministerio de Medio Ambiente 2005](#)). A opinión común entre a poboación atribúe con frecuencia a causa principal desta situación ó crecemento incontrolado do mato como consecuencia do abandono dos montes, en especial nas áreas do interior: “Arde o abandono”, titulaba un artigo da revista Tempos Novos en outubro de 2000.¹ A palabra “abandono” aparece de modo recorrente, se ben cun sentido pouco preciso, nos medios de comunicación e nas conversas do día a día. Con todo, non foi só monte o que se abandonou: a falta de actividade humana, ou as plantacións para produción de madeira, afectaron tamén a moitas parcelas tradicionalmente agrícolas e próximas ós asentamentos de poboación. Como consecuencia os incendios sobrepasan con frecuencia a súa dimensión ambiental e económica para converterse nun risco que ameaza vivendas e vidas humanas. Mais os incendios son “simplemente” o resultado máis chamativo dun conxunto de transformacións sociais, económicas e ambientais que afectaron ó campo galego durante o último medio século e que deron lugar a un entorno rural desagrarizado, en franca regresión demográfica e cun sector produtivo permanentemente ameazado.

¹Xurxo Souto. “Arde o abandono”, *Tempos Novos*, núm. 41.

Entre estas cómpre citar o proceso de emigración da poboación cara Europa e outras rexións de España que tivo lugar desde a década de 1960, a especialización do sector agrario cara a produción de leite e carne de bovino fundamentalmente (tamén desde 1960), así como a integración na Comunidade Económica Europea (CEE) en 1986. A integración na CEE tivo lugar nun contexto de reformas da Política Agraria Común (PAC) orientadas a reducir a produción precisamente naquelas orientacións produtivas nas que a agricultura galega se viña especializando e que eran excedentarias a nivel comunitario (López Iglesias 2000). As medidas derivadas da reforma McSharry da PAC (1992), como as axudas para o retiro dos agricultores, ou a forestación de terras agrícolas, tiveron unha influencia non desprezable no proceso de abandono e nos cambios de uso do territorio sucedidos nas últimas dúas décadas.

O ano 2007 viu a aprobación de dúas leis de grande relevancia para o medio rural galego. Por un lado, a Lei 3/2007 de defensa contra incendios forestais propuxo unha serie de medidas que levan o concepto de loita contra incendios desde o campo máis convencional dos medios de extinción ó terreo do ordenamento territorial, dado que reconece explicitamente que o problema de base son os cambios na utilización do territorio ocorridos nos últimos anos. En segundo lugar, a Lei 7/2007 do Banco de Terras de Galicia supuxo unha grande novidade pois por primeira vez tratábase de actuar sobre o uso da terra sen afectar necesariamente a estrutura do parcelario ou á propiedade. O uso dun Banco de Terras para enfrontar os efectos do abandono e permitir o aumento da superficie media por explotación conta con certa tradición en Europa, como evidencian os casos de Francia, Holanda ou Alemaña (Strong 1979) e tense proposto como unha medida desexable en moitos países do antigo campo socialista (van Dijk & Kopeva 2006). Non obstante, a experiencia europea dá prioridade á compra-venta de terras, e nese sentido a experiencia galega é diferente pois o papel do Banco se reduce ó de intermediario e facilitador dos procesos de arrendamento. En todo caso, sirva esta pequena introdución para situar a pertinencia de estudos sobre o abandono da terra no panorama actual de Galicia.

1.1. O abandono e o ordenamento territorial

O marco teórico da cuestión foi proposto en Galicia desde a perspectiva da economía agraria, hai máis dunha década. A base sobre a que se asenta é o continuo descenso do número de explotacións computadas polos sucesivos Censos Agrarios. Esta á súa vez foi causa inmediata do “abandono” (ó que polo de agora non poñeremos aínda apelidos): abandonada foi a terra que as explotacións cesantes foron deixando sen utilizar nos anos inmediatamente anteriores ó peche definitivo, ou a que deixaron despois e non foi transferida a ningún veciño aínda en activo. No contexto actual, de alza

dos prezos do alimento para o gando, os combustibles e os agroquímicos, e tamén de esixencias da Unión Europea para rebaixar a intensidade da actividade agrícola, a existencia de terras sen cultivar entra en contradicción coas crecentes necesidades que moitas explotacións teñen de incrementar a súa base territorial. A incapacidade do mercado de terras para superar por si mesmo os obstáculos á mobilidade derivados de factores sociais, culturais e demográficos foi a que motivou a creación do Banco de Terras de Galicia, coa función de actuar de intermediario e garante dos dereitos de potenciais arrendatarios e arrendadores.

Unha circunstancia agravante é a ausencia —na maioría do territorio galego— dunha adecuada ordenación do territorio, en particular de planeamento municipal acorde coa última Lei do solo de Galicia. Por exemplo, dado que o ámbito de actuación do Banco de Terras está restrinxido por lei ás áreas de solo rústico de protección agropecuaria. Na práctica, a falta de zonificación non só significa a indefinición das áreas de competencia do Banco, senón tamén a escasa aplicación das normativas sobre cambios de uso. A importancia deste último aspecto é grande pois moitas antigas de cultivo foron ata o de agora plantadas con especies forestais, o que dificulta a súa volta ó cultivo mediante arrendamento, venda ou cesión ó Banco, e a maiores contribúe a incrementar o volume de biomasa na proximidade de áreas habitadas.

A redución da área ocupada pola agricultura a favor doutros usos do territorio está lonxe de ser cousa do pasado. Varios traballos a nivel europeo teñen explorado as tendencias previsibles da superficie agrícola en función de varios escenarios de futuro que consideran fundamentalmente dúas dimensións: (a) se a economía mundial estará no futuro máis orientada ó propio interese das nacións ou ben á colaboración entre elas, e (b) se se manterá a tendencia á globalización dos mercados ou se polo contrario se introducirán limitacións ó comercio para protexer ás economías nacionais (unha revisión dos máis relevantes pódese consultar en [Busch 2006](#)). Sen embargo, a maioría destes traballos só realizan estimacións globais para as grandes rexións mundiais, mentres que só algúns son espacialmente explícitos a escalas máis detalladas. Un exemplo deste último tipo é o proxecto EURuralis da Universidade de Wageningen ([Klijn et al. 2005](#)). Resulta significativo que en calquera dos catro escenarios que se contemplan no traballo citado a porcentaxe de superficie abandonada pola agricultura prevista entre 2000 e 2030 oscila entre o 2,5 e o 6,3 % da superficie total da UE (figura 1.1). Entender cales son as áreas máis susceptibles de sufrir abandono, a través da dinámica de cambios ocorridos no pasado recente é uha condición imprescindible para regular dentro do posible os cambios futuros. Baixo a denominación xenérica de “estudos de cambio de uso ou cuberta do solo” (*Land Use / Land Cover Change*, LUCC) inclúense tanto aqueles máis orientados ó estudio dos cambios no pasado como os que están especificamente pensados para explorar os posibles escenarios futuros. A información aportada por ambos tipos de

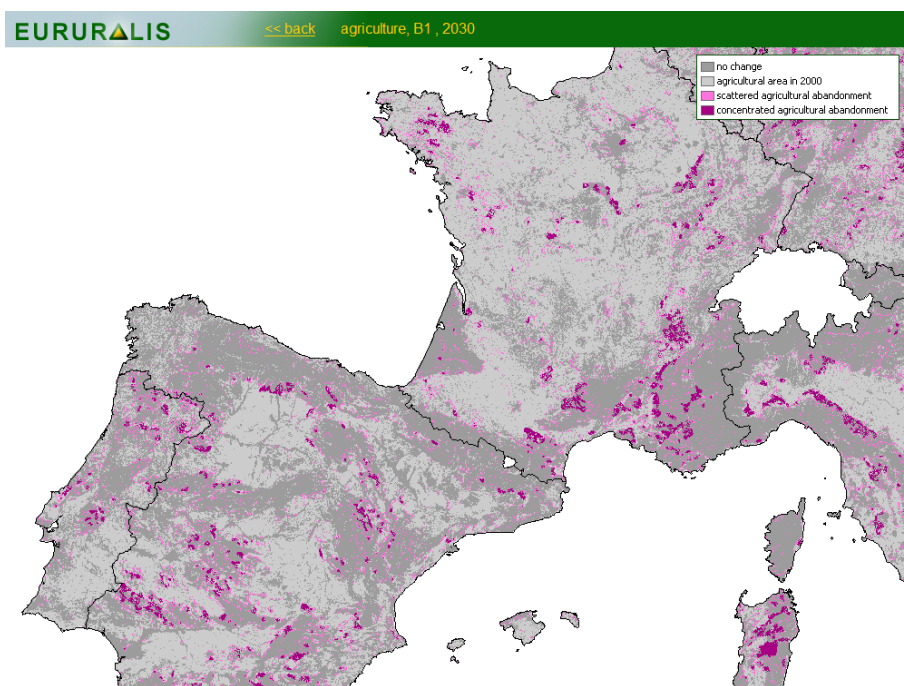


Figura 1.1. Previsión de áreas afectadas por abandono da agricultura en 2030. Proxección de resultados dun dos escenarios contemplados no proxecto EURuralis (Tomado de [Klijn et al. 2005](#)).

modelos pode ser de grande utilidade á hora de implementar políticas de ordenamento territorial no ámbito rural.

1.2. Motivación

O traballo de investigación que se presenta ten a súa orixe nun convenio de colaboración asinado entre a Universidade de Santiago de Compostela, a Sociedade para o Desenvolvemento Comarcal de Galicia e a Consellería de Innovación e Industria, co título de “Modelización da oferta e demanda actual e tendencial de predios rústicos en Galicia. Desenvolvemento e aplicación dun sistema de información xeográfico e análise multicriterio en catro comarcas galegas”. Este traballo estivo desde o seu inicio fortemente ligado á por aquel entón inminente creación do Banco de Terras de Galicia, xa que os resultados da colaboración entre as tres institucións estaban pensados como unha ferramenta de axuda á decisión para os xestores do Banco. Os resultados esperados do convenio eran a localización espacial das zonas onde se concentraba a oferta (terras abandonadas) e a demanda (explotacións que precisan incrementar a súa base territorial) dentro de catro comarcas piloto representativas das principais orientacións produtivas de Galicia.

A existencia de terras abandonadas pola actividade agrícola dentro da

Comunidade Autónoma constituía un aspecto ata o momento pouco explorado pola actividade investigadora. A percepción que se podía obter despois de ler a escasa e dispersa literatura sobre a cuestión no noso país situaba unhas ideas vagas que xiraban en torno a varios conceptos elementais:

- A súa existencia era innegable, e claramente apreciable no terreo en moitos casos.
- Era obvio que tivera lugar con maior intensidade nas áreas do interior.
- Non necesariamente afectara ás terras de peor calidade, o que queredía dicir que existen terras de (moi) boa calidade que non soportan na actualidade ningún uso agrícola ou gandeiro.
- Tería sucedido despois dun período de máxima expansión da superficie utilizada que se situaría en torno ós anos 50 do pasado século.

O traballo de investigación que deu lugar a esta tese naceu, polo tanto, nunha liña paralela ó convenio xa mencionado, pensada para dotar a unha parte das decisións que nel se tomaran de soporte teórico e empírico. Tratábase de confirmar ou precisar con maior detalle as ideas xerais —en ocasións verdadeiros lugares comúns— acerca do abandono da actividade agrícola en Galicia no último medio século: cal é o concepto de abandono e cales as súas consecuencias, en que período histórico se producira o maior descenso de superficie agrícola, cal é a estimación da superficie afectada, cal é a súa localización espacial, que factores de tipo biofísico e/ou estrutural tiveron relación co proceso (i.e. a que terras afectou de modo máis intenso), e como se pode utilizar toda esa información para combatir os efectos negativos do proceso utilizando o marco legal vixente.

Evidentemente, dadas as limitacións de tempo dispoñible e as derivadas da formación académica do propio autor, o traballo non pretendeu en ningún momento construír unha teoría unificada das causas e procesos que dirixen o proceso de abandono da actividade agrícola. Estes son aspectos que foron xa tratados por outros autores, procedentes fundamentalmente do campo das ciencias sociais e as humanidades. Os seus traballos permiten obter unha visión completa das características do sistema agrario tradicional e das funcións que o monte cumpría naquel contexto, por exemplo os traballos de [Bouhier \(2001\)](#)² e [Balboa López \(1990\)](#). Tamén nos informan da capacidade de adaptación dos labregos ós novos tempos ([Cardesín Díaz 1992](#), [Fernández Prieto 1992, 2000](#)), das consecuencias sociais que estas transformacións impuxeron no cambio no número de explotacións ([López Iglesias 1995](#), [Lorenzana Fernández 2006](#)), do cambio fundamental no papel do monte ([Prada Blanco 1990](#)) e do papel da administración forestal no agravamento das condicións que favoreceron o cambio do sistema agrario ([Rico Boquete 1995](#)).

²Edición en galego do orixinal de 1979.

Referencia obrigada neste contexto tamén é o traballo unificador do panorama español de [Naredo Pérez \(2004\)](#), así como unha moi interesante aproximación ás cifras estatísticas desde a perspectiva da historia agraria para o caso galego ([Soto Fernández 2006](#)).

1.3. Obxectivos

O obxectivo do traballo é, polo tanto, diferente ó dos autores xa mencionados. Trátase de analizar o fenómeno do abandono da agricultura desde a perspectiva territorial, a unha escala escasamente explorada ata o momento e baseada no uso de fotografías aéreas históricas como material que nos aporta información sobre o uso pasado do territorio. O obxectivo global é aportar coñecemento utilizable no contexto do planeamento territorial para unha delimitación racional dos espazos agrícola, forestal e urbanizable. Non obstante, aínda que o resultado final é a xeneración dun sistema de axuda á decisión que facilite o traballo dos técnicos encargados de planeamento municipal, considerouse necesario aproximarse primeiro ó coñecemento das dinámicas de cambio de uso existentes na zona de traballo e en xeral na rexión, un *modus operandi* que tamén se pode observar noutros casos da literatura científica como por exemplo [Quan et al. \(2007\)](#).

1.4. Estrutura

O documento está estruturado en seis capítulos centrais máis un de introdución e outro de conclusións. A temática dos capítulos segue unha estrutura acorde coa enumeración de obxectivos que vimos de presentar. En primeiro lugar, o capítulo 2 presenta unha revisión bibliográfica sobre as diferentes acepcións do concepto de “abandono da terra”, as súas causas, e os diferentes efectos que ten nos planos ambiental, social, cultural e económico. Un aspecto salientable da discusión é o énfase no carácter complexo do proceso de abandono, particularmente desde o punto de vista territorial, que é o que centra este traballo: complexidade que se debe ó feito de que tanto as súas causas como as súas consecuencias actúan (e interactúan) a diferentes escalas que van desde o nivel rexional ata o de parcela individual. Por outra parte, consideramos preciso estudar a evolución da Superficie Agrícola Utilizada (SAU) en Galicia durante o último medio século. Aínda que xa outros autores dedicaron parte dos seus traballos a estudar a cuestión ([López Iglesias 1995](#), [Soto Fernández 2006](#), nomeadamente) o certo é que non se fixera ata o momento ningunha revisión exhaustiva de tódalas fontes estatísticas e cartográficas existentes. Como resultado, algunhas das fontes históricas non foran incluídas en análises anteriores, e por suposto faltaba a comparación coas informacións máis recentes publicadas nos últimos anos. O capítulo 3 dedícase á comparación e cotexo das cifras aportadas por ata

sete fontes diferentes, unha tarefa necesariamente complexa dada a grande variedade de escalas, lendas, criterios de clasificación e obxectivos das diferentes publicacións, que ademáis se viron sometidos a cambios no tempo ó longo dunha mesma serie.

Como consecuencia da súa complexidade espacial o abandono da agricultura non só afectou de modo diferente ás catro provincias galegas, senón que no interior de cada unha delas foi máis pronunciado nuns concellos que noutros. Desgraciadamente as estatísticas de usos e cubertas do solo non alcanzan a escala de detalle suficiente para capturar a evolución da SAU a nivel municipal, e a única maneira de analizar o proceso a este nivel é mediante estudos de caso concretos. O capítulo 4 consiste, precisamente, nun estudio de caso da evolución da SAU na comarca luguesa de Terra Chá elaborado a partir dun extenso traballo de ortorrectificación das fotografías en bruto, mostraxe estatística, interpretación de fotografías aéreas históricas dos anos 1956-1957 e comparación con mapas de uso actuais. Na elección desta área de traballo influíron varios factores. Trátase dunha área suficientemente extensa (1.822 km²), composta por unha zona central de relevo pouco accidentado que lle dá o nome e un perímetro montañoso formado por algunhas das serras de maior importancia en Galicia como as serras do Xistral, da Loba, e da Cova da Serpe. Como consecuencia desta superficie e heteroxeneidade orográfica os concellos que forman a comarca³ presentan importantes diferencias desde o punto de vista produtivo e económico, o que debería permitir apreciar diferencias significativas na evolución seguida pola superficie agrícola en cada un deles. En segundo lugar é preciso mencionar que se trata dunha comarca que sobresaíe desde hai anos pola súa especialización gandeira dentro do conxunto de Galicia (López Andiñ 1979): atopar evidencias de descenso de SAU nunha comarca de recoñecida produtividade gandeira —unha das poucas zonas de Galicia onde o Instituto Nacional de Colonización ensaiou a posta en marcha dunha gandeiría “moderna” radicalmente enfrontada á tradicional (Cardesín Díaz 1987)— engade complexidade á análise na medida en que non permite explicar o abandono da terra como unha mera consecuencia da baixa produtividade. En terceiro lugar, a Terra Chá foi unha das cinco primeiras comarcas de Galicia en ser declaradas *Zona de Especial Interese Agrario* (ZEIA) para o Banco de Terras de Galicia.⁴ Por último, a maior dispoñibilidade de información cartográfica resultante de traballos anteriores levados a cabo no mesmo grupo investigador tamén xogou un papel relevante na elección.

O estudio de caso continúa no capítulo 5, neste caso para avaliar a influencia de diversos factores biofísicos e estruturais sobre a evolución da su-

³Segundo a delimitación establecida polo Decreto 65/1997 que regula o mapa comarcal de Galicia a comarca está formada por nove concellos: Abadín, Begonte, Castro de Rei, Cospeito, Guitiriz, Muras, A Pastoriza, Vilalba e Xermade.

⁴Decreto 206/2007 polo que se declaran como zonas de especial interese agrario as comarcas de Ordes, A Terra Chá, A Limia, O Deza, e O Baixo Miño.

perficie agrícola da comarca. Se ben a revisión bibliográfica sobre o abandono da agricultura deixa claro que as causas principais do peche das explotacións son de tipo social e económico, as características da terra e das parcelas sobre as que se asenta unha explotación (ou as explotacións dun concello, por exemplo) deben influir necesariamente na distribución territorial que finalmente presenta a evolución da SAU. E mentres outras medidas legais, administrativas, ou da sociedade civil actúan sobre as causas últimas do proceso, a planificación física do territorio constitúe unha ferramenta decisiva para apoiar ás explotacións aínda en activo e para paliar na medida do posible as consecuencias negativas que se derivan da diminución e fragmentación da superficie agrícola. A análise da influencia de factores biofísicos e estruturais constitúe unha fonte de información moi valiosa para a planificación, e neste sentido resultan moi interesantes as diversas ferramentas existentes para a modelización dos cambios de uso ou cuberta do solo (LUCC). A variante de modelo utilizado neste traballo é de natureza exploratoria, o que quere dicir que busca atopar correlacións estatísticas entre os cambios ocorridos e os factores considerados, e baséase no uso duna técnica estatística como a regresión loxística.

O capítulo 6 rompe lixeiramente a liña expositiva do traballo para prestar atención ás posibilidades de clasificación automática das fotografías aéreas históricas en branco e negro. Un obstáculo para a utilización de fotografías históricas en traballos que cubran amplas superficies, derivada da dificultade que presenta a súa clasificación automática debido a que só conteñen información nunha canle pancromática, é que se debe recurrir a mostraxe estatística ou asumir un traballo de interpretación manual considerable. Neste capítulo explóranse varias das técnicas que poden ser utilizadas con este tipo de imaxes, a maioría das cales poden ser clasificadas dentro da categoría de técnicas orientadas a obxectos e que representan a última xeneración de métodos de clasificación (por comparación cos tradicionais métodos orientados a píxeles). O traballo explora tamén a utilización de información relativa á textura da imaxe, e propón un método suficientemente fiable como para que os resultados da clasificación poidan ser empregados en entornos operativos reais.

Finalmente, o capítulo 7 supón un intento de aplicación práctica dos coñecementos acumulados ó longo do traballo á planificación física do territorio. Partindo da base de que esta é necesaria para protexer a terra agrícola dos cambios de uso que a ameazan, o capítulo revisa as principais figuras legais existentes en Galicia que respaldan esta necesidade. Ante a inexistencia de criterios homoxéneos en Galicia acerca de como delimitar o solo agrícola protexido (ó contrario que no veciño Portugal onde funciona desde hai anos a Reserva Agrícola Nacional), propónse un modelo de axuda á decisión baseado a grandes rasgos no marco do sistema norteamericano LESA (*Land Evaluation and Site Assessment*), e que en síntese é un modelo de avaliación multicriterio que se basea no uso de parámetros biofísicos, estruturais

e de uso actual da terra. Se ben non é o primeiro intento de modelo que se presenta para o mesmo ámbito territorial (ver, por exemplo, o traballo de [Santé Riveira 2005](#)), cremos que existen diferencias suficientes cos modelos precedentes que xustifican a súa inclusión neste traballo: nomeadamente, o feito de utilizar como base da avaliación a parcela individual e non unha abstracción formada por píxeles; tamén o feito de non pretender propoñer unha ordenación dos usos agrícolas senón unha clasificación das parcelas que permita decidir en cales é prioritario protexer (ou revertir) o uso agrícola e en cales non. Ambas características do modelo están pensadas para facilitar o seu uso no planeamento municipal real, e en ningún caso se pretende que o modelo substitúa ós anteriores desenvolvidos por outros investigadores, que consideramos complementarios. Incidentalmente, un uso adicional do modelo está relacionado coa planificación das actividades do Banco de Terras, na medida en que pode ser utilizado para localizar as áreas que combinan boa aptitude para o uso agropecuario e un baixo nivel de uso actual e que constitúen, polo tanto, unha oferta potencial para ser mobilizadas e utilizadas por explotacións en activo. Conscientes de que tanto a credibilidade do modelo como a súa facilidade de uso constitúen problemas habituais que entorpecen o uso real de sistemas de axuda á decisión independentemente da súa calidade científica, o capítulo dedica unha parte importante do seu contido a avaliar a robustez do modelo ante as diferentes opcións dos usuarios finais mediante unha análise de sensibilidade. No apartado da simplicidade, cremos que o modelo é facilmente replicable en calquera sistema de información xeográfica habitual, comercial ou libre, se ben é certo que precisa de persoal cun mínimo de coñecementos no uso destas aplicacións.

1.5. Materiais

1.5.1. Material cartográfico e estatístico

Durante as diferentes fases de realización deste traballo utilizáronse diferentes fontes de información estatística e cartográfica. De todas elas, a fonte principal pódese considerar sen ningunha dúbida as fotografías aéreas do voo da Serie B de 1956-1957, por constituír a base cartográfica sobre a que se apoia a maioría do estudio e que resultaron imprescindibles para obter unha visión do uso pasado do territorio. Outras fontes inclúen as ortofotografías do *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas* (SIGPAC) de 2003-2004 e o modelo dixital do terreo e capas vectoriais asociadas (de parcelas e de recintos). Outras das fontes utilizadas inclúen diversos mapas históricos de usos e cubertas do solo e a información estatística asociada, e diversas edicións dos sucesivos Censos Agrarios realizados entre 1962 e 1999.

Respecto do voo fotográfico de 1956-1957, o seu uso é relativamente común en España en traballos que xeralmente abranguen pouca extensión xeográfica, en grande medida por ser un dos máis antigos que cubren a

totalidade do territorio do Estado. Un caso de utilización similar ó desta tese é o de [Varga i Linde \(2007\)](#), no sentido de que utiliza o mesmo material e tamén se orienta ó estudio do abandono da agricultura, se ben desde a perspectiva da ecoloxía da paisaxe. En todo caso, a fotografía de 1956 comeza a estar dispoñible, xa ortorrectificada, en varias comunidades autónomas (por exemplo en Madrid e Andalucía), incluso mediante servizos WMS (*Web Map Server*). É unha lástima que non exista aínda un servizo similar en Galicia, pois a súa aplicación sería inmediata a moitos campos.

1.5.2. Aplicacións informáticas

O conxunto de aplicacións utilizadas ó longo do traballo é diverso e comprende varios sistemas de información xeográfica, aplicacións de tratamento e/ou clasificación de imaxes, e de tratamento estatístico: para a ortorrectificación e mosaico das fotografías aéreas históricas empregamos ERDAS Imagine v. 9.1 (Leica Geosystems);⁵ as operacións con información vectorial, como a mostraxe estatística e fotointerpretación da fotografía de 1956, ou as operacións coas capas de recintos e parcelas de SIGPAC realizáronse en ArcGIS v. 9.2 con licencia ArcInfo (ESRI);⁶ polo contrario, as operacións con información raster foron preferentemente realizadas en GRASS GIS v. 6.3,⁷ utilizando con frecuencia Quantum GIS v. 0.10⁸ como visualizador e para a creación de figuras e mapas coas que ilustrar o texto. O tratamento estatístico presente nos diferentes capítulos foi realizado exclusivamente co paquete estatístico libre R v. 2.9,⁹ complementado con paquetes especializados desenvolvidos por diferentes autores. Finalmente, unha parte do traballo de clasificación automática está desenvolvida sobre eCogniton v. 4 (Definiens Imaging).¹⁰

O tratamento do texto foi realizado en L^AT_EX 2_ε.¹¹

⁵<http://www.leica-geosystems.com/>

⁶<http://www.esri.com/>

⁷<http://grass.osgeo.org/>

⁸<http://www.qgis.org/>

⁹<http://r-project.org/>

¹⁰<http://www.definiens.com/>

¹¹<http://www.latex-project.org/>

Capítulo 2

Abandono da agricultura: concepto e consecuencias

“Como expresión última do abandono, chega o lume, campando entre a bouza do monte.”

Xurxo Souto (2000)

“Arde o abandono”, Tempos Novos, núm. 41.

O abandono de terras e a conseguinte diminución da superficie utilizada pola agricultura constitúe un problema importante nun grande número de rexións da Unión Europea entre as que se atopa Galicia. A posta en marcha do Banco de Terras de Galicia no ano 2007 está dirixida a corrixir, dentro do posible, esta situación que enlaza cos elementos centrais da problemática do campo galego contemporáneo: a incidencia catastrófica dos incendios forestais, a redución e progresivo envellecemento da poboación rural, un ineficaz uso do territorio que dificulta a competitividade do sector agrario e a perda dunha paisaxe de grande valor cultural e ecolóxico. Non obstante, o propio concepto de abandono pode dar lugar a diferentes interpretacións, co que semella necesaria unha clarificación do termo. Neste contexto preséntase unha discusión sobre os conceptos teóricos máis importantes en relación co abandono de terras e achégase unha revisión da literatura científica existente sobre o tema. A maiores, trátase de situar correctamente o carácter multidimensional do problema e a necesidade de complementar os estudos de carácter exclusivamente económico e baseados nas estatísticas de uso ou censos agrarios con outros centrados na compoñente territorial do proceso.

2.1. Introducción

O abandono de terras e a conseguinte diminución da superficie agrícola utilizada (SAU) constitúe unha preocupación moi importante nun grande número de rexións e países da Unión Europea. Galicia é un deses casos, ata o punto de que unha das medidas lexislativas máis relevantes do ano 2007 —cando menos desde a perspectiva do medio rural— é a Lei 7/2007 do Banco de Terras de Galicia.¹ A vontade política de contar cun marco lexislativo no que tratar o abandono e outros temas relacionados xa viña de anos atrás, xa que no ano 2003 xa fora presentado —se ben nunca chegou a ser aprobado— outro texto co nome de *anteproxecto de Lei de medidas de mobilidade das terras obxecto de concentración parcelaria de Galicia*. Malia tratárense de textos basicamente independentes entre si e con diferentes enfoques, o certo é que a sucesión de dúas iniciativas sobre a cuestión nun curto período de tempo —presentadas en cada caso por gobernos de diferente cor política— demostra que os fenómenos relacionados de redución de SAU, baixa mobilidade do mercado de terras e abandono son percibidos, con certa unanimidade, como un dos problemas centrais do campo galego contemporáneo. Algunhas das ramificacións desta problemática inclúen a incidencia catastrófica dos incendios forestais, a redución e progresivo envellecemento da poboación rural, e un ineficaz uso do territorio que dificulta a competitividade do sector agrario. Neste contexto, o obxectivo deste capítulo é contribuír ó debate sobre os conceptos teóricos máis importantes en relación co abandono da agricultura e achegar unha revisión da literatura científica existente sobre o tema.

A agricultura, en canto actividade económica, está fortemente relacionada co contexto territorial (biofísico), social, económico e tecnolóxico no que se desenvolve. As mutacións operadas neste contexto provocan cambios máis ou menos acusados no tipo de prácticas realizadas, na extensión superficial ocupada, ou en ambas. Durante o último medio século a agricultura europea confrontou fortes cambios en calquera dos eidos mencionados: o proceso de crecente interconexión dos mercados mundiais, que xa dera lugar á crise finisecular decimonónica, continúa cada vez a ritmo máis rápido; os avances tecnolóxicos experimentados converteron a agricultura nunha actividade fortemente dependente dos insumos de orixe industrial; os sectores industrial e de servizos detraeron no seu favor unha grande cantidade de man de obra, e a poboación ocupada na agricultura representa unha porcentaxe cada vez menor do total. As consecuencias destas transformacións foron considerablemente distintas segundo a área xeográfica considerada, de modo que mentres as rexións máis produtivas da actual Unión Europea experimentaron unha tendencia á especialización e intensificación, aquelas con peores

¹ Lei 7/2007, do 21 de maio, de medidas administrativas e tributarias para a conservación da superficie agraria útil e do Banco de Terras de Galicia, DOG de 31 de maio.

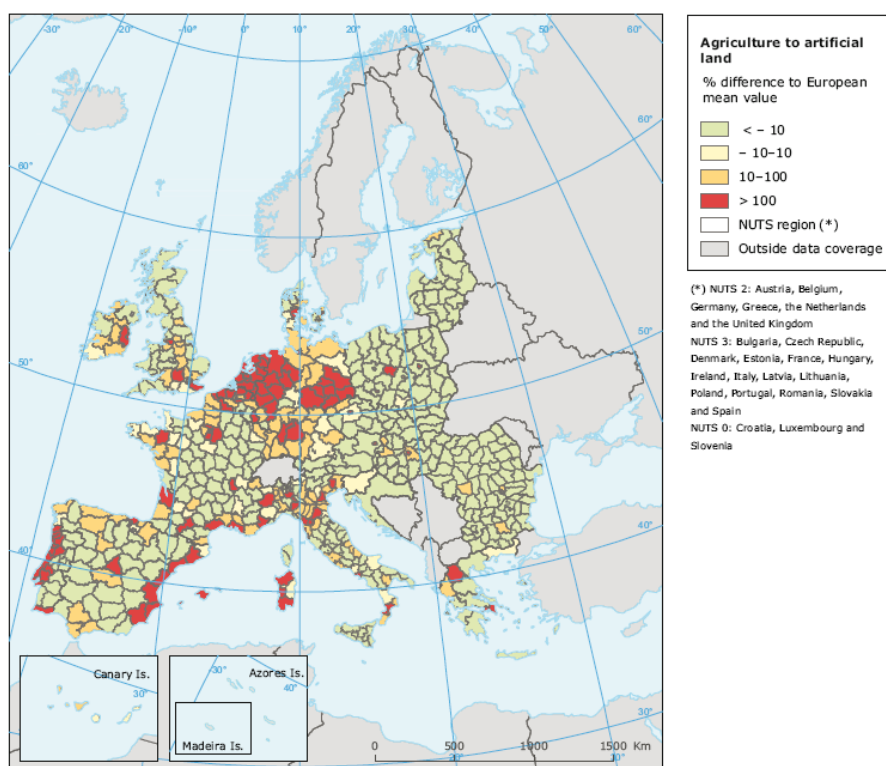


Figura 2.1. Perda de SAU por urbanización na UE, 1990-2000 (Tomado de [EEA 2006a](#)).

condicións para a produción e/ou comercialización (as rexións montañosas ou periféricas) experimentaron cambios no sentido oposto ([Baldock et al. 1996](#), [Baudry 1991](#), [FAO 2006](#)). Os procesos de abandono da agricultura e roturación de novas terras en diferentes áreas da UE estiveron aproximadamente equilibrados en termos de superficie durante o período 1990-2000 (cerca de 4.000 km² afectados en cada sentido),² mentres que a perda neta de SAU se debeu sobre todo á urbanización de cerca de 8.000 km² de terra agrícola no mesmo período ([EEA 2006a](#)), concentrados en áreas moi concretas do territorio europeo (figura 2.1). Intensificación e extensificación son dous procesos que poden convivir non só dentro de amplas áreas xeográficas senón en ocasións dentro da mesma rexión e mesmo dentro da mesma explotación, un feito que contribúe ó carácter espacialmente complexo do fenómeno do abandono ([Pinto Correia & Mascarenhas 1999](#)).

²Datos para a UE25 menos Suecia e Finlandia.

2.2. Concepto teórico

A definición do concepto xenérico “abandono” dista moito de ser unánime e claramente establecida: como consecuencia, as distintas fontes de carácter científico ou legal mostran diferenzas de matiz máis que significativas. En primeiro lugar, a compoñente temporal xoga un papel fundamental: o abandono pode ser percibido como un estado da terra —enfoque estático— pero tamén (e non necesariamente de modo excluínte) como un proceso que conduce ó primeiro —enfoque dinámico— (Baudry 1991). En segundo lugar, é imprescindible atender á distinción —obvia, pero non sempre recoñecida de xeito explícito— entre o abandono da actividade agrícola e o abandono da terra en sentido estrito (Pinto Correia 1993). Diferentes visións non necesariamente excluíntes do que se debe considerar abandono ou terra abandonada son posibles como resultado da postura escollida en cada caso, polo que vale a pena deterse a analizar as implicacións de cada unha.

2.2.1. O proceso de abandono: enfoque estático ou dinámico

Unha característica da agricultura galega das últimas décadas é a continua redución da poboación empregada, tanto en termos absolutos como relativos. Por exemplo, a comparación dos censos de poboación de 1991 e 2001 permite apreciar un descenso do 55 % da poboación activa agraria (PAA) (Instituto Nacional de Estadística 2009). Paralelamente a este descenso tamén tivo lugar unha continua baixada do número de explotacións (figura 2.2) desde as aproximadamente 433.000 de 1962 ata as 270.053 de 1999 (Instituto Nacional de Estadística 1964, 1973, 1984, 2008a,b). O proceso de diminución do número de explotacións continuará con toda probabilidade durante os anos vindeiros, como resultado da falta de viabilidade de moitas delas, ben sexa debido á inexistencia de relevo xeracional ou por simple inviabilidade económica (Sineiro García et al. 2004).

O sucesivo peche de explotacións vai deixando libres as terras que estas ocupaban, que quedan entón teoricamente dispoñibles para a súa incorporación a aquelas explotacións veciñas que continúen en activo. Este caso, sen embargo, parece ser pouco frecuente (López Iglesias 1996), e na práctica unha grande parte desas terras simplemente non soportan ningún tipo de actividade nin producen ningún tipo de ingreso para o propietario. Esta situación pode ser cualificada como de *abandono total* ou *abandono efectivo* (DLG 2005, Kobler et al. 2005). Efectos visibles deste estado son o crecemento da vexetación espontánea e o deterioro progresivo das infraestruturas produtivas (cercados, vías, sistemas de rega, mantemento dos límites) ata o punto de chegar a facer moi difícil ou incluso inviable desde o punto de vista económico o reinicio das actividades agrícolas no futuro (Baldock et al. 1996, FAO 2006). Esta interpretación de carácter estático no tempo é a que aparece na Lei 7/2007 baixo o concepto de *predio abandonado*: “*predio rús-*

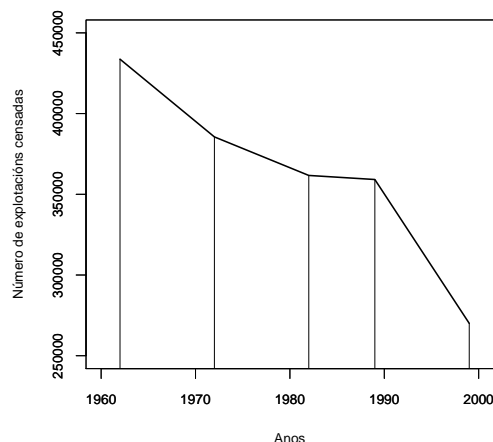


Figura 2.2. Evolución do número de explotacións en Galicia, 1962-1999 (Elab. propia a partir de [Instituto Nacional de Estadística 1964, 1973, 1984, 2008a,b](#)).

tico non sometido a ningunha práctica de cultivo ou mínimo laboreo, non cultivado nin destinado a pastoreo... ”.

Porén, tamén é certo que moitas das explotacións que a teoría clasifica como inviables continúan en activo moito máis alá do período esperado. As razóns que explican este fenómeno son variadas, entre elas a transferencia da titularidade á parella (cando esta ten menor idade), a busca doutras fontes de ingresos externos á explotación (agricultura a tempo parcial), ou a mera continuación das actividades máis alá da idade da xubilación ([López Iglesias 1996](#), [Sineiro García et al. 2004](#)). O pouco tempo dispoñible que deixa o traballo fóra da explotación, ou simplemente a idade, forzan ó titular a realizar cambios no modo no que manexa a explotación, como por exemplo ([Baldock et al. 1996](#)):

- A transformación cara usos menos intensivos, e polo tanto menos esixentes en traballo.
- A permanencia do uso pero con redución da súa intensidade.
- A contracción (reestruturación interna) da explotación, consistente na permanencia ou intensificación do uso nas mellores terras e o cesamento ou diminución das actividades nas parcelas menos produtivas ou accesibles.

Calquera das estratexias anteditas, en realidade formas de resistencia, son indicadoras do declive da explotación previo a un previsible cesamento total das actividades. Este proceso, non obstante, pode prolongarse no tempo

durante un período indeterminado e no seu transcurso o nivel de manexo da totalidade ou de parte das terras da explotación faise ocasional e cuns ingresos asociados case nulos. Mais por persistir un certo uso da terra, esta non se atopa estritamente abandonada, e por este motivo a situación pode ser cualificada como *abandono oculto* ou *semi-abandono* (DLG 2005). Outro nome utilizado na bibliografía para este proceso é o de *retirada da agricultura* (Baldock et al. 1996), consistente nun proceso de progresiva diminución da actividade humana (figura 2.3).

O abandono oculto, como se desprende do seu nome, non é fácil de identificar sobre o terreo debido a que o crecemento da vexetación espontánea resulta controlado ou limitado pola (escasa) actividade realizada. O abandono efectivo ou total, pola contra, resulta máis fácil de localizar territorialmente, pero inclúe na súa definición moitas superficies que poderían levar decenios sen ser aproveitadas. Unha aproximación intermedia, que considera o estado de non uso actual da terra pero incorpora a condición do seu pasado de uso agrícola recente aparece na Lei 7/2007 baixo a definición de *predio inculto*: “*predio rústico sometido a explotación agraria ata tempos recentes sen que na actualidade se realice ningunha práctica laboral e ningún cultivo sobre este, que mostra unha cobertura evidente de matogueira... de especies leñosas e arbustivas...*”. Definicións similares adóptanse en países de Europa central e oriental como por exemplo Polonia, na que se considera abandonada a terra agrícola que non é obxecto de explotación durante máis de dous anos (DLG 2005). Interesa salientar a relevancia deste enfoque para o que, segundo a exposición de motivos da propia Lei, é un dos seus obxectivos básicos: “evitar a perda de superficie agraria útil e recuperar a que se perdeu nos últimos anos”.

2.2.2. A competencia doutros usos: abandono da agricultura e abandono da terra

Como se pode supoñer malia non ter sido mencionado explicitamente ata este momento, o cese da actividade agrícola non sempre conduce a unha situación de ausencia de uso da terra senón que en ocasións dá paso a outros usos, entre os que destacan os procesos de urbanización e as plantacións forestais. Tendo isto en conta resulta obvia a necesidade de diferenciar entre o concepto máis amplo de “abandono da actividade agrícola” e o máis específico de “abandono da terra”, reservado para aqueles casos nos que nunha parcela non se realiza ningún tipo de actividade económica.

O caso particular das repoboacións con especies arbóreas é especialmente interesante porque —en xeral— desde o entorno ligado ós profesionais do sector forestal, valórase como moi positivo o recente incremento da superficie arborada en Galicia (Consellería de Medio Ambiente 2001) procedente en parte de repoboación forestal e en parte de rexeneración natural. Non entraremos a discutir neste punto as consecuencias ambientais e paisaxísti-

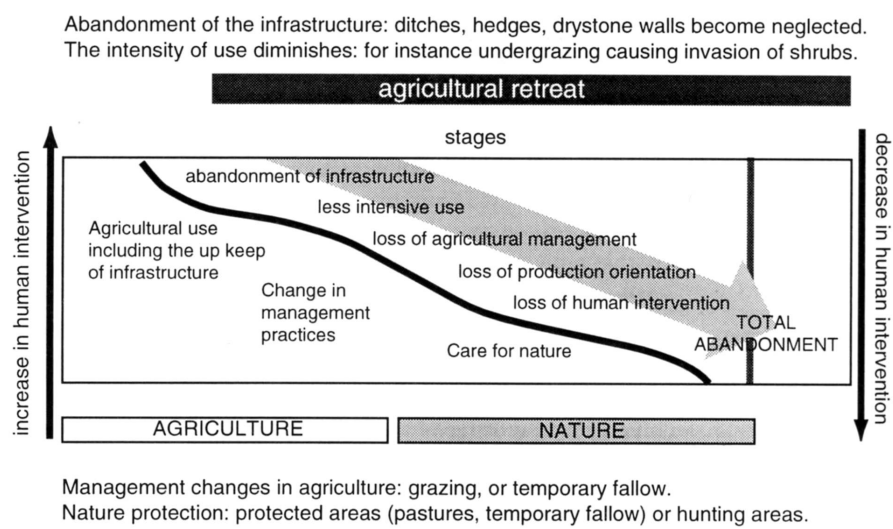


Figura 2.3. O abandono como proceso: a retirada da agricultura (Tomado de Baldock et al. 1996).

cas do proceso, ás que dedicamos un apartado posterior, pero si sinalaremos que o momento actual representa o declive das políticas recentes de fomento da reforestación indiscriminada, en moitas ocasións en terreos ocupados ata entón pola agricultura (García Arias & Pérez Fra 2001) e a súa substitución pola visión expresada na Lei 7/2007, que considera *predio abandonado* ás “plantacións forestais realizadas en terras de vocación produtiva agraria³ cando a cuberta vexetal de sotobosque... presente un estado que propicie de forma grave a aparición do lume”. Neste sentido, parece inevitable recoñecer que se a definición de abandono efectivo é a ausencia total de actividade realizada sobre o terreo, e tendo en conta que o nivel de manexo asociado a grande parte das plantacións forestais do país —especialmente ás de eucalipto— é moi inferior ó recomendable desde o punto de vista silvícola, cualificar moitas destas como abandonadas non é precisamente desatinado.

Por outra parte, a ocupación de terras de elevada calidade agronómica por urbanizacións e plantacións forestais viuse favorecida en Galicia pola ausencia de instrumentos de ordenación do territorio axeitados, ou cando menos pola falta da súa aplicación na práctica: por exemplo, pola total falta de aplicación da Lei de Ordenación do Territorio de Galicia.⁴ Cuestión moi importante neste sentido foi a escasa relevancia do medio rural na legisla-

³Ó longo do texto da Lei 7/2007 é recorrente un uso do termo “agrario” do que discrepamos. Neste traballo preferimos empregar este termo na súa acepción de “relativo ó campo” e polo tanto incluímos nel tanto ás actividades agrícolas e gandeiras como as relacionadas co sector forestal.

⁴Lei 10/1995, de 23 de novembro, de ordenación do territorio de Galicia.

ción urbanística, relativamente superada coa aprobación da Lei Solo,⁵ que contempla categorías específicas de protección agropecuaria e protección forestal dentro do solo rústico.⁶ Con todo, aínda que a lexislación recoñeza ó solo de calidade como un recurso esgotable e escaso, e polo tanto merecedor de protección, a súa aplicación choca coa ausencia de criterios que establezan de maneira xustificada e rigorosa a súa localización no terreo, de xeito similar ó modelo de produtividade agrolóxica incluído no Plan Territorial Sectorial Agroforestal do País Vasco ([Gobierno Vasco 2005](#)) ou á Reserva Agrícola Nacional (RAN) de Portugal.⁷ A necesidade de dispoñer de modelos de vocación produtiva do solo (ou similares) será aínda maior no futuro para protexer o solo de boa calidade da previsible demanda de terras para produción de biomasa, cifrada pola Comisión Europea en torno ós 17 millóns de hectáreas para o conxunto da UE ([Comisión Europea 2005](#), [Rowe et al. 2007](#)).

2.3. Localización xeográfica do abandono

Un concepto directamente relacionado co abandono da actividade agrícola é o de terra marxinal, tradicionalmente entendida como aquela que presenta baixa fertilidade ou elevada pendente na que polo tanto os custos de produción igualan ou superan o valor do producido ([Cerdá 2003](#), [Ellison 1953](#)). A conexión entre marxinalidade e abandono é clara, pois en caso de axustes da produción a terra marxinal é usualmente a última en ser posta en cultivo e a primeira en ser abandonada. Unha interpretación deste tipo, aplicada a nivel rexional, é a que motivou a Directiva 75/268/CEE⁸ que recoñece a existencia de áreas dentro do espazo económico europeo con características biofísicas —fundamentalmente derivadas da orografía— que as fan menos competitivas. Claro que a escala de aplicación da Directiva non lle permite ser precisamente moi detallada: por exemplo en Galicia implicou a declaración da práctica totalidade do seu territorio como zonas desfavorecidas para a agricultura (figura 2.4).⁹ A realidade móstranos que existen factores de outro tipo que tamén inflúen no carácter “marxinal” da terra, e polo tanto na localización territorial do abandono. Ós factores directamente relacionados coas características da terra (biofísicos) é necesario engadir outros de tipo estrutural e socioeconómico, como por exemplo ([Baldock et al.](#)

⁵Lei 9/2002, de 30 de decembro, de ordenación urbanística e protección do medio rural de Galicia, con modificacións derivadas da Lei 15/2004, de 29 de decembro.

⁶A Lei 9/2002 prevé, no seu artigo 32, ata sete categorías diferentes de protección dentro do solo rústico: agropecuaria, forestal, de infraestruturas, de augas, de costas, de espazos naturais, de interese paisaxístico, e de interese patrimonial.

⁷Decreto-Lei 196/89, modificado polo 73-2009.

⁸Directiva 75/268/CEE do Consello de Europa, de 28 de abril de 1975, sobre a agricultura de montaña e de determinadas zonas desfavorecidas.

⁹A lista de concellos declarados áreas desfavorecidas aparece publicada na Directiva 86/466/CEE.

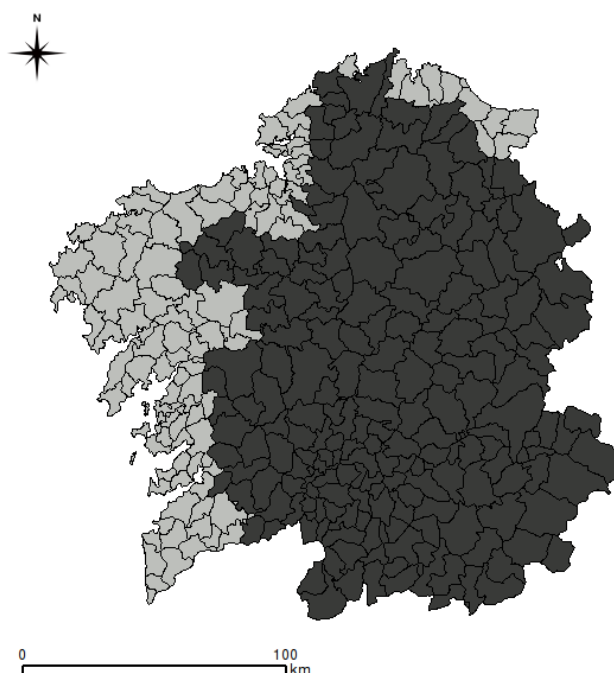


Figura 2.4. Concellos galegos declarados zonas desfavorecidas para a agricultura. (Elab. propia a partir da Directiva 86/466/CEE.)

1996, FAO 2006):

- Factores relacionados co tipo de explotación e a produción á que está orientada, en tanto que requiren diferentes insumos e dan lugar a producións diferentes.
- Factores de tipo estrutural como o tamaño de parcela, tamaño de explotación, sistemas de rega, accesibilidade ou proximidade a centros de consumo e distribución.
- Factores económicos e de mercado, como as flutuacións nos prezos de insumos e produtos.
- Factores legais relacionados co réxime de propiedade, e as axudas, subvencións e limitacións á produción (cotas).
- Factores sociolóxicos relacionados coa idade, formación técnica, recursos financeiros e relevo xeracional dos propietarios, ou coa propia percepción social da actividade agraria.

Tendo en conta a influencia destes outros factores na probabilidade de marxinalización da actividade agrícola, algúns autores teñen elaborado estudos a escala europea, como [Baldock et al. \(1996\)](#) ou [Bertaglia et al. \(2007\)](#):

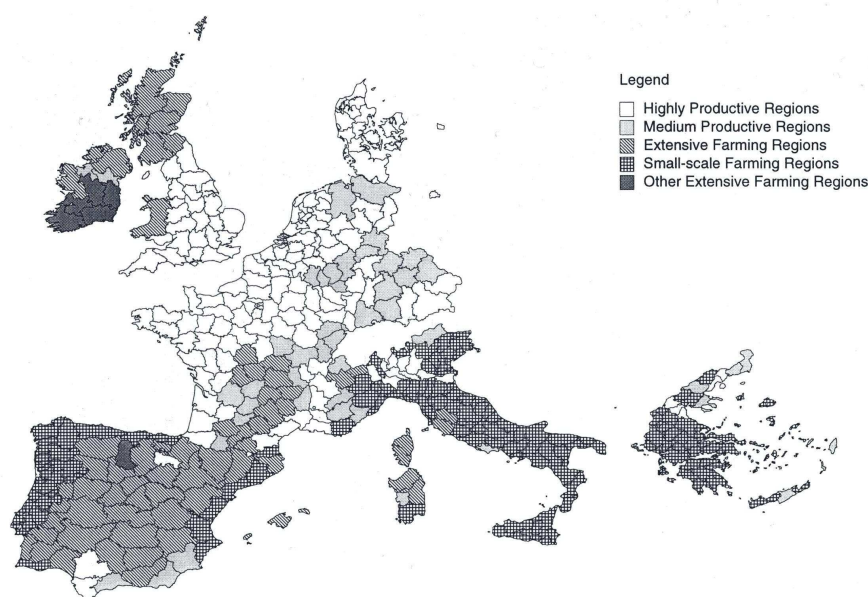


Figura 2.5. Clasificación das rexións europeas en función da súa produtividade agrícola (Tomado de [Baldock et al. 1996](#)). Os autores identificaron as categorías “Small-scale farming” e “Extensive farming” como as máis susceptibles de abandono. Nótese que ambas cubren a práctica totalidade da Península Ibérica.

os primeiros desde o punto de vista da produtividade agrícola e o tipo de explotación (figura 2.5) e os segundos desde o punto de vista do emprego no sector primario, os usos do solo e o tipo de explotación (figura 2.6). Destaca o feito de que en ambas figuras as zonas identificadas como proclives ó abandono se sitúan na periferia do continente: o noroeste da península Ibérica, o sur da península italiana, Escocia, Gales, Irlanda do Norte e Grecia. Por outra parte, cando se traballa a escalas máis finas, a combinación de tódolos factores mencionados fai que a localización das terras abandonadas pola agricultura non siga un patrón determinado e potencia as consecuencias negativas do proceso, pois as parcelas abandonadas se misturan a miúdo coas aínda explotadas ou se sitúan na proximidade de núcleos de poboación.

2.4. Consecuencias

2.4.1. Consecuencias ambientais e paisaxísticas

As consecuencias ambientais e paisaxísticas derivadas do cesamento da actividade agrícola e gandeira son resultado directo dos cambios que durante este proceso se producen na composición específica e o porte da cuberta vexetal. Transcorrido un tempo desde o cese da actividade humana os terreos abandonados comezan a ser colonizados pola vexetación espontánea

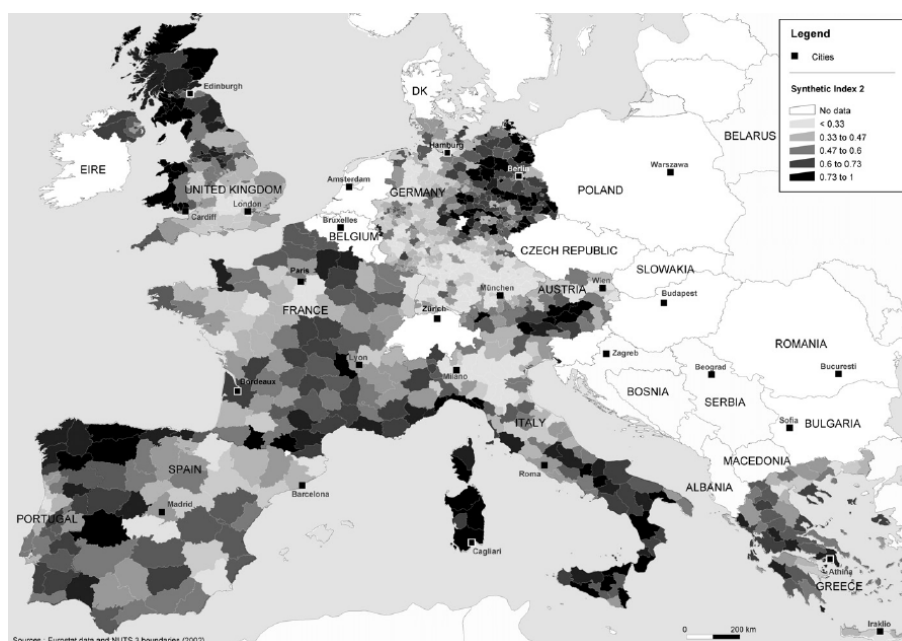


Figura 2.6. Clasificación da marxinalidade agrícola das rexións europeas (Tomado de Bertaglia et al. 2007). O mapa indica en cores máis escuras as áreas consideradas marxinais dentro dos respectivos países.

segundo unha progresión que comeza con formacións de especies herbáceas e de mato e que en ausencia de perturbacións externas pode chegar a formar masas arbóreas de rexeneración natural (Prévosto et al. 2006). A rapidez con que se produce esta sucesión depende de factores relacionados coas características da terra, o clima, a proximidade a outras formacións vexetais (que actúan como fonte para a dispersión de sementes) e co tipo de actividade agrícola previa entre outros (Sluiter 2005). Cando o fin da actividade agrícola non conduce ó abandono total da terra senón a un cambio cara o uso forestal o resultado final é similar: a substitución da cuberta preexistente por masas arbóreas.

O crecemento da cuberta vexetal afecta á riqueza de especies animais e vexetais e á calidade da paisaxe, se ben os efectos varían considerablemente en función da configuración espacial previa (*pattern*) da paisaxe. Así, nas paisaxes de agricultura tradicional e carácter relativamente extensivo (aínda sendo intensiva en man de obra) como Galicia a expansión das áreas de mato e arborado considérase globalmente negativa porque implica a perda de hábitats seminaturais de elevado valor ecolóxico e cultural ligados á actividade humana (agroecosistemas) ricos en especies vexetais e animais, refuxio de especies raras ou ameazadas (Baldock et al. 1996, MacDonald et al. 2000), e polo xeral representados amplamente dentro dos espazos da

Rede Natura 2000 (DLG 2005, EEA 2004).¹⁰ Tamén a calidade da paisaxe se considera afectada, ó substituírse unha paisaxe cultural diversa, construída pola actividade humana durante séculos, por outra monótona e de menor calidade.

A modificación do hábitat afecta negativamente ás especies vexetais e animais asociadas ó mantemento de áreas cultivadas, pero beneficia ás que prefiren o abrigo da vexetación densa (MacDonald et al. 2000, Suárez Seoane et al. 2002), algunhas das cales crean situacións de conflito coas explotacións que aínda permanecen en activo cando, como resultado do crecemento das súas poboacións, chegan a ocasionar danos ás colleitas ou ó gando (lobo e xabarín son exemplos típicos). Polo contrario, en paisaxes de agricultura intensiva e caracterizadas pola reducida presenza da vexetación natural o abandono parcial ou total dalgunhas áreas considérase normalmente positivo desde o punto de vista ambiental. Entre as razóns esgrimidas atópanse o incremento da variabilidade nas cubertas vexetais e polo tanto da calidade paisaxística, a creación de refuxio para certas especies animais e vexetais, e a diminución global na rexión do uso de agroquímicos (Baldock et al. 1996, MacDonald et al. 2000).

Un segundo elemento a considerar neste apartado é a influencia do abandono sobre os procesos erosivos. A influencia neste sentido é diferente en función da área xeográfica considerada. Polo xeral, en áreas de pendentes moderadas e clima atlántico o crecemento da vexetación arbustiva e arborada incrementa a taxa de infiltración de auga de choiva e reduce o escoamento superficial, o que protexe ó solo fronte á erosión (Cammeraat & Imeson 1999, Tasser et al. 2007). En áreas de clima mediterráneo, onde o crecemento da vexetación espontánea é máis lento, o abandono tradúcese frecuentemente nun incremento da erosión, especialmente en áreas de elevada pendente —nas que adoita ir asociado á desaparición ou deterioro de terrazas e bancais— (Beguiría 2006, Cerdá 2003, Dunjó et al. 2003, Koulouri & Giourga 2007, Romero Díaz et al. 2007). En áreas de alta montaña tamén se ten documentado o aumento dos procesos erosivos debido á maior estabilidade das formacións herbáceas mantidas pola actividade humana —por exemplo os prados de sega—, en comparación coas formacións de mato que as substitúen, fronte ós deslizamentos de neve (Newesely et al. 2000, Tasser et al. 2003). Con respecto á influencia sobre o ciclo hidrolóxico, a combinación de maior infiltración coa maior evapotranspiración asociada á formacións vexetais máis densas pode producir un descenso na frecuencia e volume das crecidas dos ríos (Keesstra et al. 2005) e incluso no seu caudal medio (Tasser et al. 2007).

O abandono das prácticas agrícolas está fortemente ligado á incidencia de lumes incontrolados, non só porque leva asociado o incremento na can-

¹⁰Directiva 92/43/CEE do Consello de Europa, de 21 de maio de 1992, relativa á conservación dos hábitats naturais e da fauna e da flora silvestres.

tidade de biomasa acumulada sobre o terreo senón tamén porque conduce a un aumento notable da súa continuidade (Consello Económico e Social de Galicia 2005, FAO 2006, Millington 2007, Moreira et al. 2001, Romero Calcerrada & Perry 2004). No caso de Galicia o abandono das prácticas propias do sistema agrario tradicional (especialmente os esquilmes de toxo para cama do gando) é a causa mencionada con maior frecuencia, pero o abandono da actividade agrícola afectou tamén ás parcelas dedicadas a usos máis intensivos, e a expansión do mato e das plantacións forestais ata áreas cada vez máis próximas ós núcleos de poboación incrementou o dramatismo do problema ata as dimensións que coñecemos en anos recentes. A experiencia galega parece demostrar que o enfoque clásico co que se enfronta o problema, estritamente baseado en infraestruturas e medios de extinción, debера ser encadrado dentro dunha perspectiva máis ampla relacionada coa xestión e ordenación do territorio.¹¹ A recente Lei 3/2007 de prevención de incendios forestais¹² indica un cambio na sensibilidade do poder lexislativo e inclúe, na súa exposición de motivos, a idea do vínculo estreito entre abandono das actividades agrícolas e incidencia catastrófica de incendios. Unha tendencia semellante obsérvase en Portugal, onde se atopa en fase de implantación a figura das *Zonas de Intervenção Florestal*, con certa vocación de ordenación territorial.¹³

2.4.2. Consecuencias culturais

O cese das actividades agrícolas conduce en moitos casos a unha modificación da paisaxe rural que implica a desaparición de paisaxes culturais moldeadas ó longo de séculos, substituídas por unha paisaxe máis homoxénea caracterizada polo dominio do arborado ou, en ocasións, por procesos de urbanización difusa. Este fenómeno constitúe por si mesmo unha perda cultural quizais aínda non ben valorada na súa completa dimensión, e a súa importancia é máis aparente se consideramos que vai ligado á desaparición do coñecemento popular sobre prácticas agrarias tradicionais, ou ó deterioro e perda de estruturas produtivas de valor cultural como terrazas, bancaís, sistemas de rega e edificacións auxiliares da explotación (Höchtl et al. 2005).

¹¹Sobre a validez das políticas exclusivamente centradas na extinción tense argumentado que unha grande eficacia dos medios de extinción favorece a acumulación progresiva de combustible sobre o terreo ó longo dos anos, o que á súa vez incrementa as probabilidades de aparición de incendios de dimensións difícilmente controlables cando coinciden varias circunstancias desfavorables (fundamentalmente de tipo climático). Este proceso é coñecido como a paradoxa da extinción (Minnich 1983). Sen embargo, estudos máis recentes apuntan ás variables climáticas como causantes da recorrencia temporal dos grandes incendios e non atopan evidencias que apoiem a existencia de tal paradoxa (Piñol et al. 2007).

¹²Lei 3/2007, de 9 de abril, de prevención e defensa contra os incendios forestais de Galicia, DOG de 17 de abril.

¹³Decreto-Lei Nº 127/2005, DR nº 150, I-A Série, de 2005.08.05, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

O resultado é a perda dun patrimonio colectivo de grande valor cultural que inclúe as paisaxes tradicionais, as prácticas agrícolas que as mantiñan, as construcións tradicionais, a microtoponimia e parte do o patrimonio de transmisión oral, se temos en conta que o proceso vai ligado en moitos casos ó despoboamento da rexión.

2.4.3. Consecuencias económicas

As consecuencias de tipo económico derivadas ou relacionadas co fenómeno do abandono da actividade agrícola derívanse, en primeiro lugar, do problema da redución da SAU, entendido como desaproveitamento dun recurso produtivo escaso: o abandono total ou o cambio a un uso da terra distinto da agricultura tradúcese en superficie que non se incorpora ás explotacións en activo, o que impide a ampliación da súa base territorial e se manifesta nun relativo estancamento do tamaño medio de explotación (López Iglesias 2000).¹⁴

Outro efecto negativo para a agricultura é a proliferación de determinadas especies animais que experimentan un importante crecemento das súas poboacións ó verse favorecidas pola expansión da cuberta de mato e arborado (MacDonald et al. 2000, Suárez Seoane et al. 2002). Nalgúns casos, estas especies pode chegar a causar danos sustanciais a agricultores e gandeiros, como por exemplo sucede co corzo ou co xabarín.

Por outra parte, o proceso de abandono agrícola vai asociado á perda de poboación no medio rural e á concentración da poboación nos núcleos urbanos. O descenso neto de poboación, que afecta negativamente á economía dos concellos rurais, persiste na actualidade na maioría deles (figura 2.7). Por outra parte é innegable a relación entre o abandono das actividades agrarias por parte das novas xeracións e o proceso de envellecemento progresivo da poboación, que ameaza con incrementar de maneira significativa o gasto social (Fernández Leiceaga 2000).

Finalmente, un capítulo importante dentro das consecuencias económicas está relacionado coas perdas derivadas dos incendios forestais. Neste sentido débense mencionar dous elementos: os propios gastos derivados da extinción, que en Galicia supoñen un montante anual en torno ós 60 millóns de euros, e tamén —e sobre todo— as perdas económicas asociadas ós danos ocasionados. Por exemplo, a estimación das perdas ocasionadas pola vaga de incendios do ano 2006 oscila entre os 211 (Barrio et al. 2007) e os 582 millóns de euros (Picos Martín 2006). As diferenzas entre as dúas estimacións débense ó diferente marco temporal para o que foron establecidas: o primeiro deles para o curto prazo e o segundo para o longo prazo, pero en todo caso trátase de cifras máis que considerables.

¹⁴Se ben, como se desprende da análise do capítulo 3 probablemente este estancamento non sexa tan marcado como dan a entender os datos dos Censos Agrarios, na medida en que estes sobreestiman o descenso de SAU que tivo lugar nas últimas décadas.

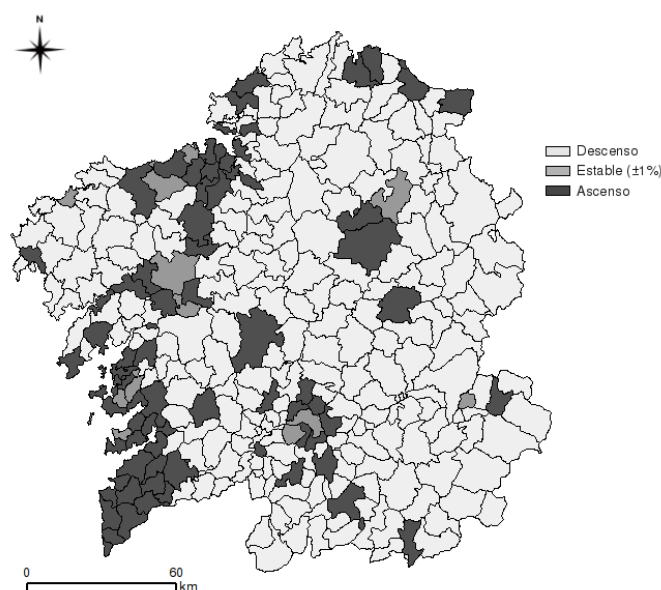


Figura 2.7. Variación da poboación nos concellos de Galicia, 1998-2006. (Elab. propia a partir do Padrón Municipal de Habitantes, INE.)

2.5. Percepción social

O modo no que a poboación percibe o fenómeno do abandono da actividade agrícola (e en particular, o abandono total da terra) é unha cuestión en xeral pouco estudada. Non obstante é plausible afirmar que debe incluír posturas moi diversas en función da extracción social, procedencia (rural ou urbana), medio de vida ou idade do interlocutor. Do baleiro que existe na bibliografía en torno a esta cuestión destaca o traballo de [Soliva \(2006\)](#), realizado nunha pequena rexión dos Alpes suízos (Surses) afectada por un descenso de SAU do 35 % entre 1980 e 2000. A autora resumiu as respostas dos entrevistados en catro posturas modelo:

- A de aqueles para os que a redución das actividades humanas permitiría á natureza retomar o dominio da paisaxe, creando unha relación nova —e preferible— entre o home e o medio natural. Común entre habitantes das cidades que teñen a súa segunda residencia no campo.
- A de aqueles que pensan que a función principal da agricultura está ligada á produción, e que os avances tecnolóxicos e a reestruturación das explotacións —na que se inclúe o abandono dalgunhas— é unha consecuencia inevitable (e lixeiramente positiva) do progreso. Común entre agricultores de certa idade, particularmente os que posúen explotacións rendibles.

- A dos que pensan que a agricultura non se debe rexir pola aplicación estricta dos principios da economía capitalista, xa que estes crean problemas de tipo ambiental e social. Perciben o abandono da terra como unha falta de respecto polo traballo dos antepasados e un desperdicio de recursos. Común entre os traballadores asalariados, moitos deles con pasado urbano.
- A de aqueles que teñen unha actitude dual: o abandono considérase positivo cando afecta a áreas de agricultura intensiva e monocultivos, e negativo cando afecta a paisaxes en mosaico de agricultura tradicional. Común entre agricultores novos, especialmente entre aqueles que practican a agricultura ecolóxica.

Resultados similares aparecen presentados en [Soliva et al. \(2008\)](#), neste caso non tanto para avaliar a percepción dos cambios pasados senón dos que previsiblemente ocorrerán no futuro. A pesar da ausencia de estudos equivalentes para o caso galego, parece razoable asumir que existe na poboación variedade de posturas, algunhas delas similares ás citadas. Isto evidencia tanto a necesidade de investigar cales son as actitudes existentes entre a poboación como a de realizar traballos de divulgación para dar a coñecer ó público, tanto rural como urbano, a necesidade e oportunidade de actuacións innovadoras como o Banco de Terras de Galicia.

2.6. Conclusións

Neste capítulo presentamos unha discusión teórica sobre as diferentes acepcións do que xenericamente recibe o nome de “abandono”. Resulta evidente nela a necesidade de diferenciar entre abandono da actividade agrícola e abandono da terra, aínda a pesar de que na maior parte dos casos o primeiro conduce directamente ó segundo. Así mesmo é necesario considerar a compoñente temporal cando se fala de terra abandonada, e diferenciar entre os casos nos que o abandono é relativamente recente e aqueles nos que é moi distante no tempo. Esta distinción non só é pertinente por estar contemplada no texto da Lei 7/2007 senón tamén polo feito de que canto máis tempo se prolonga a situación de abandono, tanto máis difícil pode resultar a volta ó uso produtivo. Finalmente, evidenciouse a existencia dun tipo de abandono “oculto” que pese a non manifestarse claramente no terreo —na forma de colonización por matogueira— debera ser considerado como unha forma de abandono total en potencia.

As consecuencias do abandono da actividade agrícola son múltiples, e moitas delas atópanse en relación directa cos grandes problemas do rural galego contemporáneo: perda de poboación, incendios e estancamento da dimensión das explotacións, por exemplo. Incomprensiblemente, non existen en Galicia moitos estudos que se dediquen especificamente a esta cuestión.

Máis aínda, a única aproximación utilizada consiste en utilizar os datos de sucesivos Censos Agrarios, combinados en ocasións coa realización de enquisas ós propietarios (López Iglesias 1996, Sineiro García et al. 2004). Este enfoque é certamente útil por canto permite identificar a relación entre abandono e estancamento da dimensión das explotacións por un lado, e as causas que en última instancia motivan o abandono (que en definitiva é unha decisión que se toma a nivel de explotación en tanto que unidade económica) por outro. Sen embargo a localización territorial do abandono é unha cuestión aínda non explorada a pesar da súa relevancia. De feito non coñecemos, en termos espaciais dentro do territorio de Galicia, cal é o estado e cal foi a evolución do abandono como proceso. Neste sentido, detéctase a necesidade de traballos que aborden o fenómeno cun enfoque máis centrado no territorio (estudos que si existen noutras áreas de Europa, por exemplo os recollidos en Gellrich et al. 2006, Gellrich & Zimmermann 2006, Kobler et al. 2005, Kristensen et al. 2004, MacDonald et al. 2000, Moreira et al. 2001, Mottet et al. 2006, Tasser et al. 2007, van Doorn & Bakker 2007, van Eetvelde & Antrop 2004) e saquen partido á información territorial dispoñible na forma de mapas de usos, fotografía aérea e, especialmente, á información de uso a nivel parcela do *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas* (SIGPAC) do Ministerio de Agricultura, e que na nosa opinión serían fundamentais para apoiar a posta en marcha do Banco de Terras de Galicia.

Capítulo 3

Evolución da Superficie Agrícola Utilizada en Galicia (1962-2006)

*“Las únicas cifras fiables
son las que se refieren a las fechas”*

*Carlo M. Cipolla (2001)
Allegro ma non troppo. Crítica, Barcelona.*

A información estatística ou cartográfica sobre os usos ou cubertas do solo en épocas pasadas está dispersa nun considerable número de fontes con diferentes características e peculiaridades, o cal fai moi difícil a tarefa de compoñer a partir delas unha imaxe integradora e coherente. Os traballos anteriores realizados por outros autores que trataron a materia téñense apoiado nos Censos Agrarios como fonte principal, a partir da cal concluíron a existencia dunha forte diminución da Superficie Agrícola Utilizada (SAU) en Galicia nos últimos trinta ou corenta anos. Porén, non só novas fontes teñen aparecido desde a publicación deses traballos senón que tamén existen outras publicacións históricas que foron consideradas pouco fiables por aqueles autores, pero que permiten matizar aquela interpretación. Utilizando este conxunto de materiais, este capítulo cuestiona a validez dos Censos Agrarios para o cómputo de superficies e propón unha nova interpretación dos cambios de uso do solo apoiada fundamentalmente nos datos dos Anuarios de Estatística Agraria publicados polo Ministerio de Agricultura. Aínda que na conclusión acerca do descenso de SAU concorda con outros autores, considérase que as estimacións anteriores da superficie perdida estaban fortemente sobreestimadas e en consecuencia propón unha revisión á baixa.

3.1. Introducción e obxectivos

Durante a segunda metade do século XX o sistema agrario galego viuse sometido a un número importante de transformacións que o fixeron pasar dun modelo intensivo en man de obra, cun alto grao de utilización do territorio e cun papel moi relevante do monte no mantemento da produtividade das terras de labor (Balboa López 1990, Bouhier 2001) a outro considerablemente especializado na produción gandeira e altamente dependente de insumos externos en forma de fertilizantes, pesticidas, e combustible (Carpintero & Naredo Pérez 2006, Díaz-Fierros Viqueira 1981). Certamente, trátase de transformacións similares ás ocorridas noutras áreas de España (Naredo Pérez 2004). Agora ben, a natureza deses cambios ligada ás características estruturais propias da agricultura galega (alta fragmentación da propiedade, reducido tamaño das explotacións) convertían a Galicia nunha rexión proclive ó abandono da terra agrícola: esta era a conclusión, puramente deductiva, de Baldock et al. (1996) ó incluíla no grupo das rexións da Comunidade Económica Europea con maior probabilidade de sufrir procesos de marxinalización da agricultura. Arredor da mesma época, López Iglesias (1995) dedicou parte do seu traballo ós cambios no uso da terra que tiveron lugar no período 1962-1989, utilizando fundamentalmente os datos procedentes dos Censos Agrarios, e as súas conclusións apuntaban na mesma liña: a existencia dun descenso continuado de Superficie Agrícola Utilizada (SAU) que, de acordo con traballos máis recentes do mesmo autor, tería continuado ata anos recentes (López Iglesias 2000). Estas conclusións foron validadas e utilizadas por outros traballos sobre as transformacións produtivas da agricultura galega contemporánea como os de Soto Fernández (2002, 2006). En conxunto, a desaparición de SAU tería afectado a arredor de 60.000 ha entre 1962 e 1989 (López Iglesias 1995) e a case 100.000 ha adicionais entre 1987 e 1995 (López Iglesias 2000). É dicir, de dar por válidas esas estimacións, a SAU de Galicia tería diminuído cando menos en 150.000 ha nos últimos 40 anos.

Desde que os traballos de López Iglesias (1995) e Soto Fernández (2002) foron publicados, o panorama das fontes estatísticas e cartográficas sobre usos e/ou cubertas do solo en Galicia tense enriquecido coa aparición de novas fontes dispoñibles. Entre elas podemos citar as máis recentes edicións dos *Anuarios de Estadística Agroalimentaria y Pesquera* do Ministerio de Agricultura (actual Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural e Mariño) e dos *Anuarios de Estadística Agraria* da consellería de Medio Rural, así como o Censo Agrario de 1999 ou os datos de cubertas do solo asociados ó *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas* (SIGPAC). A nova información aportada e tamén os cambios de metodoloxía (e polo tanto de fiabilidade) que afectaron a algunha destas fontes, propician unha nova aproximación á evolución da SAU galega durante o último medio século. Por outra parte, existen algunhas fontes cartográficas adicionais que non

foron, ata onde puidemos comprobar, utilizadas en ningún traballo previo sobre a cuestión (máis alá dunha breve referencia en [Prada Blanco 1990](#)), como é o caso do 1º Inventario Forestal Nacional ou os *Mapas de Cultivos y Aprovechamientos* de 1962 e 1989. O obxectivo deste traballo é someter a análise, á luz da información publicada máis recente, a validez das teorías que avalan o descenso continuado de SAU así como a cuantía estimada deste descenso.

3.2. Fontes de información disponibles

O conxunto de fontes de información estatística e/ou cartográfica sobre os usos do solo en España e en Galicia caracterízase por unha grande diversidade: de metodoloxías, períodos temporais, escala ou nivel de detalle, de definición das diferentes categorías, e mesmo de obxectivos. Facendo unha enumeración non exhaustiva poderíamos citar cando menos (1) os Anuarios de Estatística publicados polo Ministerio de Agricultura, (2) os Anuarios da Xunta de Galicia, (3) os Censos Agrarios, (4) os Inventarios Forestais Nacionais e os sucesivos Mapas Forestais derivados deles, (5) o Mapa de Cultivos e Aproveitamentos do Ministerio de Agricultura, (6) o Mapa de Usos e Cubertas do Solo do Sistema de Información Territorial de Galicia (SITGA), (7) o mapa de recintos de uso do solo asociado ó SIGPAC, e (8) os mapas de usos do proxecto Corine Land Cover. Ás dificultades inherentes á análise dun conxunto tan heteroxéneo de fontes débese engadir o feito de que cando unha mesma fonte abrangue un período de tempo amplo é usual que os criterios e a metodoloxía empregada varíe entre anos sucesivos da mesma serie, como é o caso dos Anuarios da Xunta de Galicia, ou dos Censos Agrarios. Polo tanto, antes de proceder coa análise das cifras ofrecidas por cada fonte é recomendable facer unha breve introdución ás características de cada unha. A orde de presentación comeza con aquelas que cubren un maior período de tempo para seguir a continuación coas de menor tempo abranguido e chegar finalmente ás de carácter puntual. De cada fonte interéсанos particularmente a procedencia dos datos (mostraxe estatística, estimacións de diversas fontes, declaración dos propietarios e/ou utilizadores), a lenda utilizada, e as consideracións que se poidan facer sobre a fiabilidade das cifras aportadas.

3.2.1. Anuarios estatísticos do Ministerio de Agricultura

Os anuarios estatísticos do Ministerio de Agricultura contan cunha longa historia que se remonta a principios do século XX. As series existentes mostran unha grande regularidade e, cando menos en aparencia, bastante coherencia interna. A serie orixinal, publicada co nome de *Anuario estadístico de la producción agrícola* ([Ministerio de Agricultura 1966–1973](#)) foi fusionada en 1973 co *Anuario de la producción ganadera* e chamouse a partir de entón

Anuario de Estadística Agraria ([Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 1974–1999](#)). Desde ese momento tiveron lugar algúns cambios menores do nome para chamarse *Anuario de Estadística Agroalimentaria* ([Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2000–2005](#)) e actualmente *Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera* ([Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2007](#)). Desde o ano 2002 os datos publicados proceden fundamentalmente da *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos* (ESYRCE).¹ Esta realízase mediante un panel de mostraxe que comprende un elevado número de segmentos repartidos sobre o territorio do Estado mediante un criterio mixto de mostraxe estratificada (seguindo os grandes grupos de cubertas definidos por un mapa de usos) e sistemática dentro de cada estrato ([Díaz Manso et al. 2006](#)). A realización da enquisa no ámbito da Comunidade Autónoma de Galicia corresponde conxuntamente ó SITGA e a Agroseguro, e os seus resultados alimentan simultaneamente tanto ós anuarios publicados polo Ministerio como ós publicados pola Xunta de Galicia.

Desafortunadamente non dispoñemos de información sobre a metodoloxía utilizada en anos anteriores a 2002, polo que a fiabilidade das cifras ofrecidas nesas edicións é unha incógnita. Polo demais, tanto as categorías consideradas como as súas definicións apenas sufriron pequenos cambios a pesar do dilatado período de tempo cuberto. Nos anuarios previos a 1973, a superficie total aparece dividida en “terra labrada” e “terra non labrada”, e esta última á súa vez divídese en “terras con pasto” e “terras sen pasto”. As terras con pasto aparecen de novo divididas en “prados”, “pasteiro sen arborado” e “pasteiro con arborado”. Para un lector habituado ás estatísticas actuais, o que primeiro chama a atención é a ausencia dunha categoría “mato”, o que implica que os anuarios previos a 1973 consideran case todo aquilo que non é arborado denso como recurso pastable. Esta peculiaridade pódese interpretar como un reflexo das particularidades do sistema agrario do momento, caracterizado por un aproveitamento moito máis intenso da cuberta vexetal herbácea e de mato para alimentación do gando que o actual. O anuario de 1973 e os posteriores mostran un cambio na terminoloxía, non tan grande como para non permitir equivalencias coa anterior. En concreto, a nova división inclúe “terras de cultivo”, “prados e pasteiros”, “terreo forestal” e “outras superficies”. O terreo forestal, á súa vez, repártese entre “monte leñoso”, “monte aberto” e “monte madeirable”. Para case tódalas categorías trátase exclusivamente dun cambio de nome: as terras labradas pasan a ser terras de cultivo, as terras sen pasto serán monte arborado, e o pasteiro con arborado pasa a chamarse monte aberto. A diferenza máis significativa corresponde á categoría “pasteiro sen arborado”, que na súa maior parte formará a nova categoría “monte leñoso” mentres que unha pequena superficie (aquela na que a cuberta de mato cubre menos do 20 % da super-

¹<http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/encuestacultivos/resultados.htm>

ficie total) pasa a engrosar as cifras da categoría “prados e pasteiros”. Como resultado, a SAU derivada dos anuarios previos e posteriores a 1973 non é comparable, pois a segunda inclúe unha superficie de pasteiros que a de anos anteriores non contemplaba. A referencia á inclusión ou non dos pasteiros² será un tema recorrente ó longo deste capítulo e terá moita influencia na interpretación das cifras.

3.2.2. Censos Agrarios

O Censo Agrario defínese como unha operación estatística para a recollida, elaboración e publicación de información sobre a estrutura do sector agropecuario en España que toma a explotación como unidade elemental de información. Ata o presente foron realizados en España cinco edicións nos anos 1962, 1972, 1982, 1989 e 1999. Esta operación é complementaria das Enquisas sobre a Estrutura das Explotacións Agrícolas, realizadas por mostraxe con carácter aproximadamente bianual (1993, 1995, 1997, 2003, 2005 e 2007). Os censos constitúen probablemente a fonte máis detallada sobre a estrutura do sector, pero posiblemente non a máis recomendable para a estimación de superficies: un problema asociado ás cifras de superficie presentadas nos sucesivos censos é que proceden da declaración dos respectivos xefes de explotación e non da medición directa sobre cartografía ou fotografía aérea. Un problema adicional é que, a pesar de ser unha operación teoricamente exhaustiva, probablemente existan moitas explotacións familiares (hortas) ou superficies que non se declaran: este puidera ser o caso de moitas superficies cedidas mediante acordo verbal que o utilizador non declara porque lles concede pouca importancia na xestión da súa explotación. A combinación de ambas circunstancias fai que a estimación de SAU ofrecida polos censos estea probablemente sesgada á baixa nunha contía que descoñecemos.

As cifras de SAU a nivel provincial presentadas neste traballo foron tomadas das publicacións de resume provincial respectivas ([Instituto Nacional de Estadística 1964, 1973, 1984, 2008a,b](#)). Non utilizamos as cifras de superficie ofrecidas polas Enquisas de Estructuras porque estas presentan os problemas asociados ós Censos co agravante de non tratarse dun inventario completo senón unha mostra.

A división de superficies por usos nos censos de 1962 e 1972 faise entre terras labradas (“aquelas que reciben coidados culturais, excluídas as labores en pradeiras permanentes”) e terras non labradas, que á súa vez contén á categoría de “prados e pradeiras permanentes”. A definición de SAU que se obtén destes censos é polo tanto bastante restrictiva e deixa fóra ós pasteiros, en certo modo de maneira similar ó que sucede cos anuarios do Ministerio anteriores a 1973. A maiores, os censos deses anos inclúen

²Pasto herbáceo formado por vexetación espontánea (non sementado) que polas súas condicións de humidade baixa aparece agostado no verán ([Ferrer et al. 2001](#)).

unha categoría de “terras poboadas por especies espontáneas non arbóreas” na que se agruparían tanto superficies utilizadas para pastoreo como outras cubertas por mato apenas aproveitadas ou non aproveitadas en absoluto. Sen embargo, nos censos seguintes a división foi cambiando: en 1982, a categoría equivalente á de “prados e pradeiras permanentes” é a de “prados e pasteiros”; de 1989 en adiante o nome volta a cambiar para chamarse “terras para pastos permanentes” e inclúe non só os prados e pasteiros senón tamén os eriais e as superficies de mato utilizadas para pastoreo. Polo tanto, ó igual que sucedía cos anuarios, as cifras de SAU dos diferentes censos non son directamente comparables entre si: unha opción razoable que permite a comparación é utilizar a definición máis restritiva de 1962-1972 e aplicala ós anos posteriores como fai [López Iglesias \(1995\)](#).

3.2.3. Anuarios estatísticos da Xunta de Galicia

Os Anuarios de Estatística Agraria ([Xunta de Galicia 1992–2006](#)) publicados pola consellería de Agricultura comezaron a editarse no ano 1991. Dentro da súa historia pódense diferenciar tres grandes etapas: (a) entre 1991 e 1998, (b) de 1999 a 2001, e (c) de 2002 en adiante. Durante a primeira etapa a metodoloxía utilizada é descoñecida e a fiabilidade moi discutible, como se pode derivar do feito de que entre os anos 1994 e 1998 (ambos incluídos) se repitan exactamente as mesmas cifras de superficies. O período 1999 a 2001 caracterízase polo inicio dunha nova metodoloxía coa participación do SITGA e a fiabilidade tampouco parece excesiva: os cambios dun ano ó seguinte mostran oscilacións considerables dificilmente atribuíbles a cambios reais sobre o terreo. Desde 2002 a nova metodoloxía (a xa mencionada da *Encuesta de Superficies*) está plenamente implantada e a fiabilidade que se lle presupón é alta. Polo demais a lenda é similar á dos casos anteriores: diferencia entre “superficie cultivada” (a superficie acumulada dos diferentes cultivos), “superficie de cultivo” (a superficie cultivada menos a dos cultivos secundarios —que comparten espacio cos principais— para que estes últimos non aparezan computados dúas veces), “prados e pasteiros”, e “superficie forestal”. Un elemento novedoso na lenda consiste en que a metodoloxía diferencia entre superficies con certa cuberta de mato nas que existe aproveitamento por pastoreo e as que non (comprobado mediante visitas a campo): aquelas superficies nas que se aprecia existencia de pastoreo pasan á categoría de “prados e pasteiros” e aquelas nas que non se aprecia pasan á de “mato” dentro da superficie forestal. Por esta razón, podemos supoñer que probablemente se trate dunha das fontes máis fiables das que dispoñemos na actualidade para estimar a cuantía total da superficie utilizada en Galicia, unha consideración que loxicamente se fai extensible ós Anuarios do Ministerio posteriores a 2002.

3.2.4. Inventario Forestal Nacional

O Inventario Forestal Nacional (IFN) é unha operación estatística orientada a facer seguemento do estado, volumen, composición e características dos recursos forestais no territorio do Estado, da que ata o momento se realizaron tres edicións: a primeira entre os anos 1966 e 1975, a segunda entre 1986 e 1996, e a terceira entre 1997 e 2007. O grande intervalo de tempo entre o inicio e a finalización dun mesmo Inventario explícase porque o traballo se realiza progresivamente ó longo do territorio de España e adquire carácter cíclico: cando se remata unha edición nun extremo do territorio comeza a seguinte polo extremo oposto. No ámbito territorial de Galicia os resultados do primeiro IFN foron publicados entre os anos 1972 e 1974, os do segundo IFN en 1993, e os do terceiro en 2001 e 2002. A atención do IFN está obviamente dirixida á cuberta forestal e por esta razón non é unha fonte útil para a estimación da superficie agrícola a excepción da primeira edición (ICONA 1972a,b,c, 1974): esta inclúe no desglose xeral de ocupación do solo unha categoría chamada “terras de cultivo” que a pesar do seu nome —e de acordo coa lenda do propio IFN— se corresponde coa suma de terras de labor e prados. Trátase, unha vez máis, dunha definición de SAU bastante restrictiva ó xeito dos anuarios previos a 1972 ou os censos de 1962 e 1972, que deixa os pasteiros fóra do cómputo de superficies.

A metodoloxía do IFN está baseada na mostraxe sistemática do territorio, con visitas a campo en tódalas parcelas que compoñen a mostra, e polo tanto as cifras de superficies que aporta poden ser consideradas bastante fiables. Por esta razón cremos que as cifras aportadas polo 1º IFN poden utilizarse como punto de comparación coas restantes fontes no inicio dos anos 70.

3.2.5. Corine Land Cover

O proxecto *Corine Land Cover* (CLC) foi concebido para a xeneración de mapas de ocupación do solo a escala 1:100.000 dos países da Unión Europea. O CLC atópase na actualidade baixo a coordinación da Axencia Medioambiental Europea (EEA) e na súa realización participan ata 100 organismos cartográficos diferentes dos distintos estados membros. O proceso de traballo baseouse fundamentalmente na interpretación visual de imaxes satelitais multiespectrais de resolución media procedentes das plataformas Landsat e SPOT (Nunes de Lima 2005). O conxunto de imaxes utilizadas nunha mesma edición do CLC abrangue usualmente anos diferentes para cada país, polo que as dúas edicións publicadas ata o momento se nomean utilizando como referencia os “anos medios” de 1990 e 2000 (CLC1990 e CLC2000 respectivamente). No caso de España, o CLC1990 foi realizado con imaxes comprendidas entre 1984 e 1990, e o CLC2000 con imaxes entre 1999 e 2002

(EEA 2006a).³ Parece lóxico pensar que a escala de traballo do proxecto resulta excesivamente grosa para estudos de ámbito rexional, máis en casos de alta fragmentación da paisaxe como é o de Galicia: a área mínima cartografiable de 25 ha é obviamente insuficiente para axustarse á multiplicidade de pequenas parcelas que caracteriza á nosa comunidade. É por esta razón que incorporamos esta fonte na análise con cautela.

Actualmente existen tres produtos dispoñibles para o usuario final: CLC1990, CLC2000 e o mapa de cambios CLC 1990-2000. No tocante á fiabilidade da clasificación, as especificacións dos documentos técnicos do proxecto eran dun 85 %, e parece que en xeral se cumpriron xa que unha comprobación realizada con datos do proxecto europeo LUCAS (*Land Use/Land Cover Area Frame Survey*) estimaba a fiabilidade global arredor do 87 % (EEA 2006b). En canto á lenda utilizada, esta é xerárquica e estruturada en tres niveis: do máis xeral ó máis específico. Dentro do nivel máis xenérico interesa neste traballo a categoría 2, correspondente a usos agrícolas. Non obstante, dentro desta categoría, descendendo a niveis de maior desagregación atopamos a categoría 24 “*superficie agrícola heteroxénea*”, e dentro dela a 243 “*terreos principalmente agrícolas, pero con importantes espazos de vexetación natural*”. É evidente que a superficie incluída na categoría 2 de uso agrícola será necesariamente unha estimación por exceso da SAU real pois integra áreas de vexetación natural —mato fundamentalmente—. Unha alternativa posible é calcular tamén o total de superficie clasificada como agrícola a excepción das áreas incluídas na categoría 243, co que obteríamos unha estimación por defecto. Neste traballo utilizamos os datos CLC en formato vectorial dispoñibles para descarga na web do Servicio de Información Ambiental (SIAM) da Xunta de Galicia.⁴ Un pequeno traballo de edición foi necesario para cruzar os mapas orixinais co mapa provincial de Galicia e obter así os totais provinciais correspondentes.

3.2.6. Mapa de cultivos e aproveitamentos

O *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos* elaborado polo Ministerio de Agricultura apareceu por primeira vez en 1962 coa publicación do mapa para todo o territorio de España a escala 1:1.000.000, como paso previo a unha serie de mapas provinciais a escala 1:200.000 que nunca chegaron a concluírse (Ministerio de Agricultura 1962). Dada a escala final de publicación o tamaño da unidade mínima cartografiable era de 500 ha, co que se podería supoñer que iso afectaría á precisión ofrecida nas cifras de resumo. Na práctica, o feito de no proxecto se utilizaran clases mixtas, coa indicación para cada tesela da porcentaxe de superficie ocupada por cada unha das clases simples que a integran, tería permitido conservar certo grao de detalle no

³Como curiosidade a maiores, actualmente atópase en fase de execución o CLC2006 (<http://etc-lusi.eionet.europa.eu/CLC2006>).

⁴<http://www.siam-cma.org/siam>

cómputo estatístico de superficies. A lenda utilizada contemplaba as categorías tipicamente integrantes do terreo cultivado (cultivos herbáceos, olivar, frutais, viña...) e a superficie de prados, e de xeito separado as superficies de “pastos” e “erial a pastos”, estas dúas últimas equivalentes de modo conxunto á de “pasto sen arborado” dos Anuarios da mesma época. A segunda edición do mapa de cultivos foi realizada entre as décadas de 1970 e 1980 e publicada por follas do mapa 1:50.000. As follas 1:50.000 serviron de base para a realización dos resumos provinciais a escala 1:200.000 durante os anos 1984 e 1985, proceso que se aproveitou para realizar a actualización das follas que eran entón máis antigas, e estes á súa vez para a execución do mapa de síntese para toda España a escala 1:1.000.000 ([Ministerio de Agricultura 1989](#)). As cifras que presenta o mapa de 1989, polo tanto, representan a situación aproximada do territorio nos anos 1984 e 1985.

3.2.7. Mapa de cubertas e usos do solo de Galicia

O Mapa de Cubertas e Usos do Solo de Galicia foi elaborado por persoal do SITGA a partir de imaxes satelitais de resolución media (Landsat e SPOT) do ano 1997 e fotografías aéreas dos anos 1998 e 1999, complementadas cun exhaustivo proceso de traballo de campo ([Díaz Manso et al. 2007](#), [Sociedade para o Desenvolvemento Comarcal 2007](#)). Unha particularidade deste produto cartográfico que o diferencia doutros é que a súa lenda está formada por clases de uso: unidades superficiais que inclúen á vez varias cubertas relacionadas por formar parte dun mesmo sistema agronómico, ambiental ou socioeconómico. Por exemplo, a clase “cultivos forraxeiros en maioría e outros cultivos. Vacún de carne” pode incluír áreas de cultivo forraxeiro propiamente dito, áreas de arborado (por exemplo as sebes entre parcelas), e áreas de coberturas artificiais (edificacións e vías). Para evitar unha excesiva xeneralización e non perder demasiado detalle cada unha das teselas leva asociada, igual que sucedía co *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos* de 1962, a información sobre a porcentaxe ocupada por cada unha das clases puras que forman parte dela. Por outra parte e a semellanza do CLC a lenda é xerárquica, de xeito que a clase que vimos de mencionar se agrupa na máis xeral “zonas de gandería moderna” e esta á súa vez na categoría “zonas agrogandeiras”.

3.2.8. Mapa de recintos SIGPAC

O *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas* (SIGPAC) foi creado a resultas do establecido polo Regulamento 1593/2000 do Consello de Europa, que obriga ós Estados da Unión Europea a contar cun sistema de identificación gráfico das parcelas agrícolas no que se poida identificar cada unha delas individualmente e con suficiente precisión cartográfica (1:10.000 ou superior). O SIGPAC defínese como un rexistro administrativo público,

dependente do Fondo Español de Garantía Agrícola (FEGA) e das consellerías con competencias en materia de agricultura das respectivas comunidades autónomas, e ó mesmo tempo unha base de datos cartográfica dixital de todo o territorio español composta de ortofotografía aérea e unha delimitación xeográfica de cada parcela con atributos referentes ó seu uso. A cartografía catastral serviu como base para a realización do SIGPAC, pero a parcela catastral non foi a unidade mínima á hora de inventariar os usos senón unha subdivisión dela que recibiu o nome de “recinto”, equivalente á “parcela agrícola” do Regulamento europeo (Mirón Pérez 2005). Trátase por tanto dun mapa de usos actualizado e moi detallado que cubre a totalidade do territorio e en consecuencia é unha fonte moi interesante para a estimación da SAU. Non obstante, a súa utilización presenta algunhas dificultades que se deben ter en conta, entre elas a ausencia dunha metodoloxía de verificación que permita coñecer a fiabilidade dos usos consignados na base de datos, procedentes de fotointerpretación manual. En segundo lugar, o sistema non aporta información daquelas zonas que no momento da súa realización estaban en proceso de concentración parcelaria xa que estas foron consignadas nunha categoría independente na base de datos para a que non consta ningún uso, unha situación que afecta a cerca de 35.000 ha en total en Galicia. Finalmente, é preciso aclarar que a lenda é relativamente confusa, pois consigna as superficies de mato e de mato con arborado co nome de “pasteiros” (pasteiro arbustivo, e pasteiro con arborado respectivamente), sen que teñamos ningún modo de estimar a proporción destas superficies que efectivamente está sendo aproveitada para pastoreo. A cifra de SAU que o SIGPAC pode aportar, por tanto, refírese exclusivamente ó concepto máis restrictivo de terra labrada e prados permanentes, de xeito similar ó que sucedía con outras das fontes tratadas con anterioridade.

3.3. Comparación das fontes

Despois da revisión individual das características máis reseñables de cada unha das fontes estamos en condicións de facer unha análise das súas diferencias máis importantes. En particular centraremos a atención en primeiro lugar na cuestión da fiabilidade que se lles pode supoñer a cada unha das estimacións de SAU, para logo tratar de elaborar unha composición da evolución histórica seguida por esta. A discusión xirará en torno ás cifras ofrecidas polos Censos Agrarios e polos Anuarios do Ministerio de Agricultura, por ser as fontes que cubren un maior período temporal, mentres que o resto de fontes serán utilizadas a modo de referencias puntuais que permitan contrastar os datos das dúas primeiras.

A discusión sobre a fiabilidade de Censos e Anuarios no referente ás cifras de superficies non é nova, pois xa foi previamente tratada tanto por López Iglesias (1995) como por Soto Fernández (2006). Non obstante, e aín-

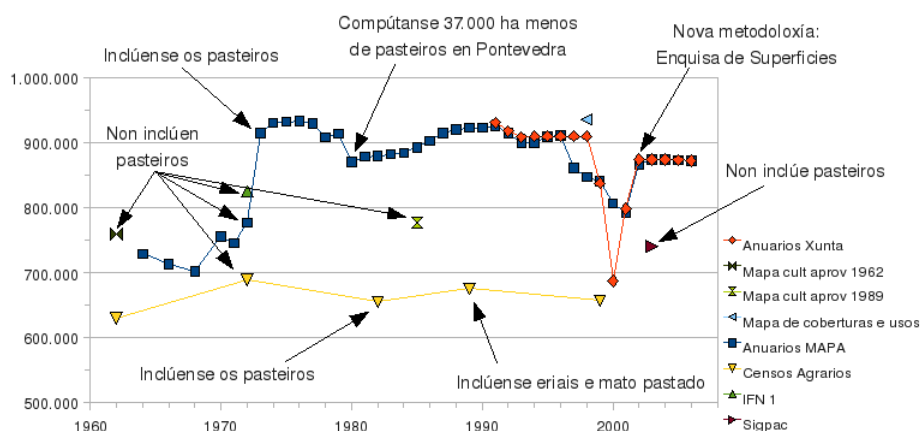


Figura 3.1. Comparación das cifras de SAU ofrecidas por diferentes fontes. (Cifras en hectáreas. Elab. propia a partir dos datos das fontes indicadas.)

da a risco de incorrer en repetición sobre o xa exposto por estes autores, consideramos necesario facer algunhas reflexións sobre a cuestión. Como se pode derivar da breve introdución feita en apartados anteriores, ámbalas dúas fontes presentan importantes diferencias na súa execución e obxectivos. En primeiro lugar, o seu ámbito de referencia é diferente, xa que mentres o Censo toma como referencia a superficie ocupada polas explotacións, os Anuarios toman como base o total da superficie xeográfica do territorio. Aínda que en teoría isto non debera supoñer unha razón para que existiran diferencias significativas na estimación da superficie destinada a usos agrícolas e/ou gandeiros (que en principio, pola exhaustividade que se lle presume ó Censo, deberan estar ben representadas por este), veremos que na práctica non é ese o caso (figura 3.1). En particular, a estimación de SAU ofrecida polos Censos é sistemática e significativamente inferior á dos Anuarios, o que puidera estar en relación coa segunda grande diferenza: o feito de que os sucesivos Censos só consideren explotacións identificadas permite supoñer que deixan fóra da análise un número moi importante de hortas familiares (moi difíciles de identificar), e que polo tanto non computan a superficie que estas ocupan. Unha terceira fonte de erro é a propia orixe dos datos: no caso dos Censos, as superficies consignadas proceden da declaración dos respectivos xefes de explotación, mentres que no caso dos Anuarios (excluídos os anos máis recentes) os datos proceden de estimacións para cada municipio feitas polos técnicos de campo do ministerio. Unha hipótese adicional proposta por López Iglesias (1995) é que os Anuarios continuaron computando ano tras ano como SAU superficies que tendo sido aproveitadas en anos anteriores, xa foran abandonadas, pero esta é na nosa opinión unha posibilidade pouco probable. E para confirmar esta opinión deixamos momentaneamente esta discusión para prestar atención ás restantes fontes.

No tocante ós Anuarios publicados pola Xunta de Galicia consideramos que as súas estimacións só se deberían considerar como fiables desde a aplicación da nova metodoloxía por parte do SITGA no ano 2002. Xa mencionamos anteriormente que durante este último período a fonte principal de datos foi a Enquisa de Superficies, compartida coa publicación do Ministerio. Por esta razón ambas publicacións ofrecen, na nosa opinión, cifras de SAU en anos recentes que se poden considerar as máis fiables de cantas consideramos neste traballo.

As cifras que aporta o 1º IFN tamén nos ofrecen grande seguridade, dada a base estatística e o soporte cartográfico empregados na súa elaboración. Neste sentido cremos que pese a tratarse dun dato puntual, a súa utilidade é moi grande pois permite dispoñer dun dato de referencia (unha “anclaxe” coa realidade) co que comparar o resto das cifras referentes ó inicio da década de 1970. Neste sentido tamén é posible utilizar o SIGPAC con idénticas consideracións: ten base cartográfica e serve como dato de referencia para inicios da década de 2000. Agora ben, en ambos casos débese considerar que a definición de SAU que se ofrece é moi restrictiva e reducida á suma de terra cultivada e prados. Similares consideracións son extensibles ós Mapas de Cultivos y Aprovechamientos de 1962 e 1989, no sentido de que tamén constitúen datos de comparación útiles para a década de 1960 e 1980, se ben a fiabilidade das cifras ofrecidas neste caso debería ser tomada con maior cautela.

Por último, no respectivo ó CLC, a baixa resolución dos datos orixinais impide utilizalo como referencia fiable para obter valores cuantitativos precisos (Díaz Manso et al. 2007) e tan só nos permite dar un rango aproximado para comparar coas outras fontes, máxime tendo en conta os problemas de lenda que incorpora ó ter unha categoría misturada de vexetación natural e prados e pasteiros. As estimacións que proporciona oscilan entre 1.088.000 ha para o total da clase 2 (coberta agrícola) e 699.000 ha cando se exclúe da anterior a clase 243 (mistura de vexetación natural e uso agrícola).

3.3.1. O cómputo dos pasteiros

Debido ás diferencias de lenda e definicións que presentan as fontes utilizadas ou as súas respectivas edicións, consideramos necesario manexar dúas cifras de SAU: unha primeira correspondente á definición máis usual (terra de cultivo, prados e pasteiros) e unha segunda máis restrictiva que exclúa os pasteiros da superficie considerada. Esta segunda definición é a que se deriva dos datos máis antigos manexados (os Censos de 1962 e 1972 e os Anuarios anteriores a 1973), e polo tanto a única que permite a comparación dos datos da década de 1960 cos de anos posteriores. A primeira cifra, pola súa parte, permite a comparación para as décadas de 1980 en adiante e ademais permite unha estimación máis exacta da cantidade total de terra utilizada.

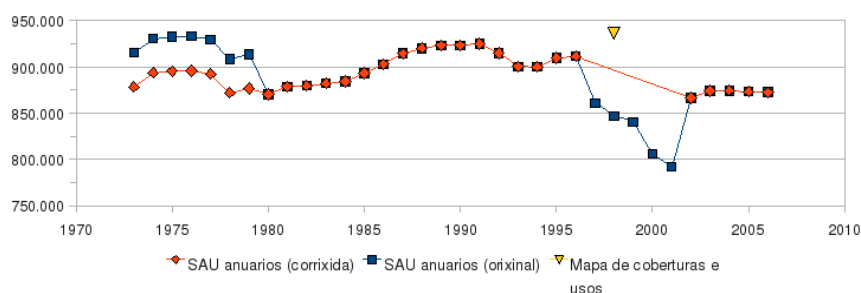


Figura 3.2. Evolución da SAU con pasteiros, 1973-2006. (Cifras en hectáreas. Elab. propia a partir dos datos das fontes indicadas.)

Cando presentamos conxuntamente os datos en bruto tomados directamente das diferentes fontes resulta un gráfico con grande mistura pero que permite tirar algunhas conclusións (figura 3.1). O gráfico permite identificar dous saltos non explicados na serie dos Anuarios do Ministerio: o primeiro é un descenso brusco en 1980, e o segundo unha serie de cambios bruscos entre 1996 e 2000 que tamén afecta ós Anuarios da Xunta. Cando investigamos a orixe do primeiro deles comprobamos que se debe exclusivamente a unha variación brusca da superficie de pasteiros computada na provincia de Pontevedra: de 41.200 ha en 1979 a 4.200 ha en 1980. A análise da serie en anos posteriores e anteriores, así como a comparación cos valores doutras provincias nos mesmos anos, permiten pensar que son as cifras de pasteiros entre 1973 e 1979 as que están sobreestimadas e que en consecuencia os Anuarios incrementan artificialmente a súa estimación de SAU total durante eses anos en aproximadamente 35.000 ha. En canto ó período de inestabilidade de 1996-2000 parece lóxico pensar que a causa se atopa no proceso de implantación da nova metodoloxía derivada da Enquisa de Superficies (segundo a memoria dos Anuarios este proceso de cambio tivo lugar desde 1990, pese ó cal non se aprecia nas cifras ata 1996) ata que, a semellanza do que sucede coa serie da Consellería de Agricultura, desde o ano 2000 a serie se volve estabilizar. Tendo en conta o anterior, pareceunos axeitado realizar algunhas correccións na gráfica consistentes en substituír os valores de pasteiros de 1973-1979 da provincia de Pontevedra por unha cifra aproximada de 4.000 ha e eliminar os datos dos anos comprendidos entre 1997 e 2001. A gráfica de SAU con pasteiros que resulta é a que se presenta na figura 3.2.

Para evitar as diferencias na definición de SAU das distintas fontes, elaboramos un gráfico coa evolución da SAU menos a superficie de pasteiros (figura 3.3). Neste gráfico pódese observar como as diferentes fontes puntuais coinciden relativamente ben coa serie aportada polos Anuarios, mentres que a serie dos Censos se desvía considerablemente á baixa. O desfase entre os Censos e o resto de fontes é maior de 100.000 ha en tódolos anos da serie, o que sen dúbida cuestiona a súa validez para o cómputo de superficies. Esta

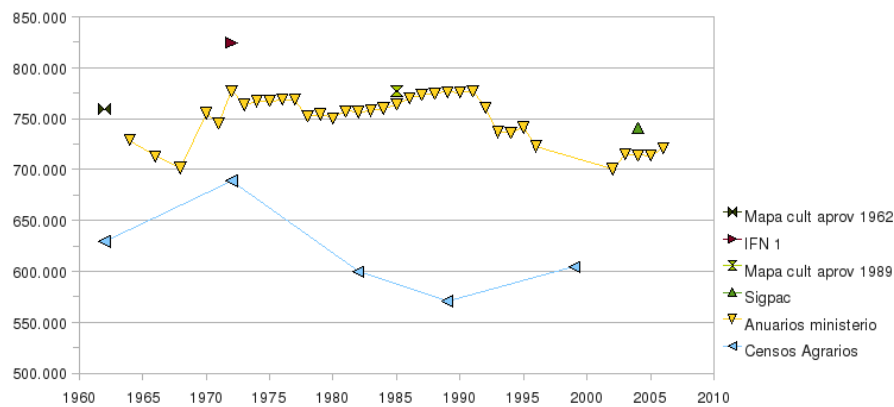


Figura 3.3. Evolución da SAU sen pasteiros, 1962-2006. (Cifras en hectáreas. Elab. propia a partir dos datos das fontes indicadas.)

é a base na que nos apoiamos para poñer en dúbida a interpretación doutros autores acerca da suposta maior validez dos Censos sobre os Anuarios.

3.4. Evolución da SAU en Galicia

En vista da análise sobre a fiabilidade das diferentes fontes parece razoable pensar que a máis recomendable é a serie dos Anuarios de Estadística Agraria do Ministerio de Agricultura. Atendendo a esta serie, a SAU entendida en sentido máis amplo (pasteiros incluídos) pasaría dun valor en torno ás 900.000 ha a principios da década de 1970 a acadar un máximo de 925.000 ha arredor do ano 1991 (o Mapa de Coberturas e Usos aínda mencionaba 936.000 ha en 1998) e logo descender ata arredor de 874.000 ha a mediados da década de 2000 (figura 3.2). De aceptar esta serie como válida, a SAU galega tería descendido aproximadamente 25.000 ha desde 1970, e arredor de 50.000 ha desde o máximo acadado na década de 1990.

Con todo, pódese argumentar que o concepto de SAU utilizado no parágrafo anterior é pouco fiable, pois depende da superficie consignada na categoría “pasteiros”, da que xa comentamos está moito máis suxeita a posibles interpretacións que as restantes clases (terra arable e prados), que non sempre foi utilizada no cómputo total e que a súa superficie estimada sufriu variacións moi bruscas en ocasións (as 37.000 ha de Pontevedra no ano 1980, por exemplo). Por esta razón, tamén podemos estimar a evolución utilizando a interpretación máis restrictiva da SAU que exclúe os pasteiros. Na figura 3.3 tamén se pode observar a evolución desta serie de acordo cos datos dos Anuarios: esta pasaría de aproximadamente 780.000 ha en 1970 a 700.000 en 2000, unha variación de aproximadamente 80.000 ha en trinta anos (se evitamos ter en conta unha pequena recuperación posterior ó ano

2000). En todo caso, durante a década de 1962 existiría un relativo incremento, que puidera ter relación cunha maior intensificación da actividade agrícola como consecuencia da introdución de maquinaria. O descenso tería lugar bastante despois no tempo, fundamentalmente con posterioridade á entrada de España na Comunidade Económica Europea (CEE) en 1986.

En todo caso, o descenso de SAU estimado a partir destes datos é moi inferior ó derivado de fontes como os Censos Agrarios ou as Enquisas sobre a estrutura das explotacións. Por exemplo, ás 100.000 ha de descenso que [López Iglesias \(2000\)](#) estima para o período 1987-1995 a partir das cifras da Enquisa de estruturas: unha cifra que parece fóra de lugar se temos en conta que a fonte da que parte estima a SAU de 1987 e 1995 en 710.500 e 614.000 ha respectivamente, estimacións moi inferiores ás calculadas por outras fontes do seu momento (o Anuario de 1995 estima 910.000 ha e o Mapa de coberturas de 1998 calcula 936.000 ha) e incluso á de 2005 (874.000 ha derivadas da Enquisa de superficies e rendementos). Nin sequera excluindo totalmente as superficies de mato pastado e pasteiros chegaríamos a unha cifra tan baixa na actualidade: o SIGPAC estima 741.000 ha e os Anuarios de 2005 721.000 ha.

Por outra parte, outra das razóns esgrimidas en contra das series dos Anuarios é que ofrecen cifras “excesivamente” constantes. Este é o caso de [Soto Fernández \(2006\)](#), por exemplo, que alude que aceptalas suporía interpretar que durante o período 1954-1984 “non pasou absolutamente nada desde a perspectiva dos usos do solo en Galicia” (p. 464). Na nosa opinión esta percepción ten relación en parte coa escala que o autor lle presupón ós cambios (probablemente buscaba atopar cambios moi superiores ós que constan nos Anuarios) e en parte coa propia capacidade da serie estatística para reflectilos adecuadamente. Incluso no suposto máis extremo de que a superficie afectada tivera unha orde de magnitude de 12.000 ha anuais como estima [López Iglesias \(2000\)](#) para o período 1987-1995, trátase dunha cantidade que representa escasamente o 0,4 % da superficie total de Galicia e polo tanto dificilmente detectable por ningunha fonte de base estatística. Temos outros elementos para apoiar a nosa percepción de que o descenso de SAU debeu suceder a un ritmo menor do que en ocasións se ten estimado: a análise de cambios de uso realizada no capítulo 4 para a Terra Chá estima o descenso de SAU entre 1957 e 2004 en aproximadamente un 0,09 % anual sobre a superficie comarcal. A extrapolación desta cifra ó resto de Galicia e a un período temporal diferente é arriscada porque o ritmo de descenso da SAU non foi constante en tempo e espacio, pero a orde de magnitude que implica non é demasiado diferente do que resulta dos Anuarios: unha media dun 0,1 % anual da superficie total de Galicia significaría aproximadamente un descenso de 88.000 ha no período 1970-2000, non moi lonxe das 80.000 ha que vimos de mencionar.

3.5. Evolución a nivel provincial

A evolución da SAU por provincias que se presenta tamén procede dos datos publicados nos Anuarios do Ministerio, coas consideracións xa feitas para o conxunto de Galicia. Os datos suxiren un comportamento desta variable diferente en cada provincia, con pequenas variacións en función de se incluímos ou non a superficie de pasteiros no cómputo. Todas as consideracións xa mencionadas respecto da orde de magnitude dos cambios (as dificultades da serie para detectar os cambios anuais por ser dimensionalmente reducidos) tamén se deben ter en conta neste apartado. Por outra parte, tamén utilizaremos as cifras puntuais ofrecidas por outras fontes para contrastar as conclusións (figura 3.4; o conxunto de datos aparece reflectido ó final do capítulo, na táboa 3.1).

Na provincia de A Coruña, a SAU sen pasteiros a inicios da década de 1970 sería de 223.000 ha (o 1º IFN dá 226.000 ha); a evolución durante as décadas de 1980 e inicios de 1990 foi de estabilidade ou lixeiro incremento, cun pequeno descenso en anos recentes ata as 219.000 ha consignadas para o ano 2006 (o SIGPAC dá 222.000 ha). Incluindo os pasteiros no cómputo, a SAU pasaría de 227.000 a 245.000 ha (en 1970 e 2006 respectivamente): isto débese ó grande incremento da superficie consignada na categoría “pasteiros”, de 4.000 ha na década de 1970 a case 30.000 ha na década de 2000, pero trátase dun incremento que debe ser tomado con precaución xa que non sabemos ata que punto pode deberse a cambios nos criterios de inclusión. Unha evolución similar resulta na provincia de Lugo. En principio, as cifras dos Anuarios indican que a SAU sen pasteiros se mantivo bastante constante (entre 230.000 e 240.000 ha) durante as décadas de 1970, 1980 e inicios de 1990, e que experimentou despois un significativo incremento ata as 284.000 ha de 2006. Sen embargo temos razóns para pensar que as cifras —especialmente as iniciais— están bastante subestimadas, pois a estimación do 1º IFN era de 304.000 ha, bastante por enriba dos Anuarios, e a máis actual do SIGPAC dá 295.000 ha (lixeiramente por enriba dos Anuarios). Se consideramos a superficie de pasteiros a SAU total manteríase aproximadamente estable durante todo o período, arredor das 320.000 ou 330.000 ha. Á vista dos datos, ambas provincias manterían unha evolución bastante estable durante o período, quizais cunha lixeira tendencia ó incremento: durante as décadas de 1970 e 1980 na Coruña —se ben compensada polo descenso en anos posteriores—; durante a década de 1990 en Lugo.

Unha evolución claramente diferente atopámola nas provincias de Ourense e Pontevedra. En Ourense, a SAU sen pasteiros de 1970 sería de 170.000 ha (o 1º IFN estima 180.000 ha) e teríase mantido bastante estable durante os anos seguintes ata sufrir un descenso importante na década de 1990 que a levaría ás 124.000 ha da década de 2000 (o SIGPAC estima 123.000 ha). Destaca que desde a década de 1960 ata 1970 se reflicte un ascenso brusco que é difícil de atribuír á realidade ou a un erro das estatísticas. Se incluí-

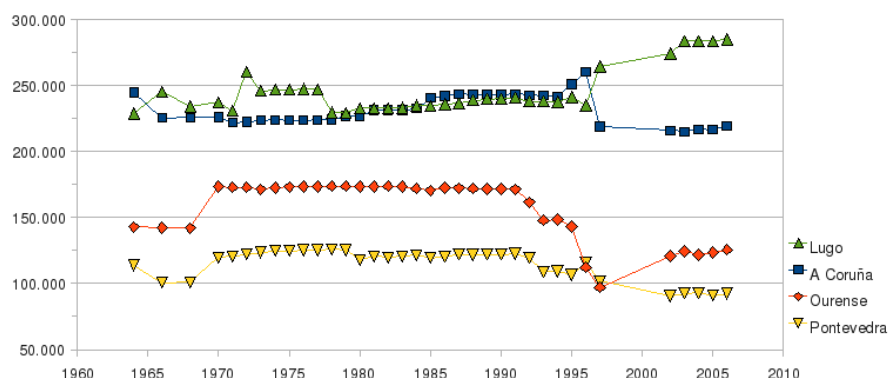


Figura 3.4. Evolución da SAU provincial, 1962-2006. (Cifras en hectáreas. Elab. propia a partir dos Anuarios de Estatística Agraria.)

mos os pasteiros, a evolución é similar: a cifra de 205.000 ha manteríase relativamente estable ata 1990, en que sufriría un descenso que a levou ata as 175.000 ha. Na provincia de Pontevedra, a SAU sen pasteiros pasaría de 120.000 ha en 1970 (o 1º IFN cifraa en 113.000 ha) ata as 90.000 ou 92.000 actuais. A evolución foi aparentemente similar á de Ourense: relativamente estable ata 1990 e cun importante descenso desde entón. Considerando a superficie de pasteiros, a tendencia tamén é de descenso: desde as 128.000 ha de 1973⁵ ata as 118.000 de 2006.

En resumo, o panorama da evolución provincial queda definido por dúas provincias que manteñen (ou incluso incrementan nalgún momento) a súa SAU (A Coruña e Lugo) e outras dúas que acusan un descenso importante (Ourense e Pontevedra). Estas dúas últimas acumulan o descenso producido na comunidade autónoma: das aproximadamente 80.000 ha nas que ciframos a diminución (excluídos pasteiros) producida entre 1970 e 2000 no conxunto de Galicia, arredor de 46.000 ha corresponderían a Ourense e arredor de 30.000 ha a Pontevedra.

3.6. Conclusións

A revisión de fontes estatísticas e cartográficas sobre os usos e/ou cobertas do solo en Galicia revelou un número considerable de fontes dispoñibles: desafortunadamente a grande variedade de escalas, criterios, lenda utilizada e orixe dos datos convirte a comparación das diferentes fontes nunha tarefa complicada que esixe bastante flexibilidade á hora de interpretar as cifras. Un dos obstáculos máis importantes para o estudo da evolución histórica do uso do solo é a escasez de fontes con series temporais suficientemente

⁵Substituíndo a estimación orixinal dos Anuarios de 41.000 ha de pasteiros por unha máis conservadora e acorde cos datos de anos posteriores de 4.200 ha.

longas, xa que a maioría das existentes son puntuais no tempo (IFN 1, Mapa de usos e coberturas do solo de Galicia, SIGPAC...). Esta é a razón pola que tanto este traballo como os anteriores realizados por outros autores teñan utilizado as series dos Anuarios de Estadística Agraria do Ministerio de Agricultura ou ben as series dos sucesivos Censos Agrarios como a súa fonte principal, pero as cifras aportadas por ambas mostran grandes discrepancias e esta circunstancia obriga ó investigador a escoller unha delas e descartar a restante: neste punto, os traballos anteriores optaron invariablemente por considerar só as cifras procedentes dos Censos e descartar a utilidade dos Anuarios por consideralos pouco fiables. Na nosa opinión, cando Censos e Anuarios se consideran de xeito illado, existen argumentos suficientes para defender (ou atacar, se fora o caso) a fiabilidade das cifras que ofrece cada serie. Sen embargo a inclusión doutras fontes na análise introduce un elemento de comparación moi útil, aínda tratándose de fontes de carácter puntual e con criterios de elaboración diferentes, por canto permite avaliar a verosimilitude das cifras que Anuarios e Censos nos ofrecen. As fontes puntuais non serven, polo tanto, para buscar coincidencias exactas con Anuarios ou Censos, senón para inclinarnos a confiar máis nun deles. Tendo isto en conta, foi a aparición de novas fontes de información (non dispoñibles cando outros autores se enfrontaron ó mesmo tema) a que fixo posible realizar este traballo e chegar ás conclusións que aporta: fundamentalmente o SIGPAC e as series recentes dos Anuarios do Ministerio e da Xunta de Galicia (realizadas a partir da Enquisa de Superficies e Rendementos). A análise completouse con outras fontes xa dispoñibles desde hai anos pero escasamente utilizadas ata agora, como é o caso do 1º Inventario Forestal Nacional ou os antigos Mapas de Cultivos y Aprovechamientos.

Precisamente a comparación con outras fontes de carácter puntual é o que nos inclina a tomar unha posición contraria á de outros autores, descartar as cifras que aportan os Censos Agrarios e confiar máis nas que proporcionan os Anuarios de Estadística. En particular porque as series dos Censos ofrecen estimacións da SAU que se apartan moito de calquera outra fonte. Aínda que puideramos aceptar unha certa tendencia á subestimación debido á imposibilidade para incluír no censo as hortas familiares e outras pequenas superficies, a diferenza respecto doutras fontes que ofrecen moita máis seguridade no cálculo de áreas é excesiva. Isto desaconsella utilizar os Censos para o estudo da evolución dos usos do solo, con independencia de que sexan a fonte máis completa para estudar outros fenómenos relacionados coa estrutura do sector. En consecuencia, as conclusións presentadas por traballos anteriores deben ser revisadas, non tanto a conclusión principal relacionada coa existencia dun descenso de SAU en décadas recentes como as relativas á estimación da contía dese descenso. A estimación que propón este traballo é a dun descenso de aproximadamente 80.000 ha de SAU (non incluídos pasteiros) durante o período 1970-2000. A distribución dese descenso non tería sido homoxénea no tempo nin no espacio, de xeito que se concentraría

fundamentalmente no período posterior a 1990 e nas provincias de Ourense (arredor de 48.000 ha) e Pontevedra (arredor de 30.000 ha). A inclusión dos pasteiros na análise dá a imaxe dun menor descenso global de SAU, pero este extremo debe ser tomado con moita precaución: a análise das diferentes fontes mostrou que as superficies de pasteiro e mato pastado son categorías difíciles de identificar e son susceptibles de moitas interpretacións e que polo tanto a súa estimación varía moito entre fontes e incluso ó longo dunha mesma serie de datos. De feito, probablemente a conclusión que o descenso nos pasteiros é menos acusado sexa oposta á realidade: a superficie utilizada de modo máis intensivo tería permanecido moito máis constante do que se ten suposto, mentres que sería a superficie utilizada para pastoreo extensivo a que máis se reduciría. Para chegar a esta conclusión quizais non deberamos guiarnos tanto polas cifras consignadas na categoría “pasteiros” como polos cambios de lenda, en particular polo feito de que toda superficie non ocupada por arborado nin claramente pertencente ás categorías “arable” ou “prados” apareza como “pasto” en tódalas fontes anteriores a 1970-1975. O aparente menor descenso destas categorías menos intensivas respondería en anos recentes a unha maior precisión no seu cómputo no contexto da enquisa de superficies.

Á vista do exposto, outras conclusións de traballos anteriores deberan ser tomadas con precaución, pois os Censos non só parecen sobreestimar a cantidade de terra abandonada senón que dan unha idea distorsionada do ritmo ó que se abandonou: de acordo cos Censos a redución de SAU máis importante tería ocorrido antes de 1989, mentres que o resto das fontes suxiren que tería lugar durante a década de 1990. Tamén deberan ser tomadas con precaución as cifras de SAU media de explotación, e polo tanto a conclusión sobre o seu relativo estancamento no período estudado.

Táboa 3.1. Evolución da SAU sen pasteiros (ha)

Ano	A Coruña	Lugo	Ourense	Pontevedra	Galicia
1962 (Mapa cult)	240.090	240.444	143.300	135.730	759.564
1964	244.300	228.300	142.600	113.600	728.800
1966	225.200	245.100	142.000	100.500	712.800
1968	225.400	233.700	141.700	100.800	701.600
1970	225.700	237.000	173.240	119.486	755.426
1971	221.500	230.500	172.650	120.449	745.099
1972	222.400	260.000	172.600	121.900	776.900
1972 (IFN 1)	226.997	303.970	180.835	112838	824.640
1973	223.300	245.600	171.100	123.500	763.500
1974	223.600	246.400	172.500	124.500	767.000
1975	223.400	246.500	173.000	124.500	767.400
1976	223.300	246.900	173.400	125.100	768.700
1977	223.500	246.700	173.400	125.100	768.700
1978	223.800	229.100	173.500	125.800	752.200
1979	226.500	229.000	173.500	125.300	754.300
1980	226.400	232.600	173.300	117.800	750.100
1981	230.900	232.400	173.400	120.500	757.200
1982	230.900	232.500	173.500	119.500	756.400
1983	231.100	232.900	173.100	120.400	757.500
1984	232.200	234.600	171.700	121.300	759.800
1985	240.300	234.200	170.200	119.200	763.900
1985 (Mapa cult)	231.640	238.269	175.544	131.382	776.835
1986	241.800	235.600	172.200	120.400	770.000
1987	243.110	236.051	172.114	121.903	773.178
1988	242.930	238.386	171.848	121.508	774.672
1989	242.919	239.258	171.604	121.994	775.775
1990	242.669	239.552	171.420	122.047	775.688
1991	243.217	240.248	171.179	122.618	777.262
1992	242.247	237.476	161.353	119.340	760.416
1993	242.181	237.519	147.835	108.910	736.445
1994	241.343	237.229	148.314	109.153	736.039
1995	250.572	240.838	143.158	106.616	741.184
1996	259.886	234.628	112.218	115.738	722.470
1997	218.418	264.049	96.946	101.666	681.079
1998	179.087	269.675	106.517	90.587	645.866
1999	174.134	250.464	98.649	86.850	610.097
2000					
2001	193.665	257.127	116.587	87.728	655.107
2002	215.558	273.884	120.569	90.589	700.600
2003	214.627	283.332	124.274	92.515	714.748
2003 (SIGPAC)	222.473	295.293	122.731	100.541	741.041
2004	216.458	283.318	121.435	92.927	714.138
2005	216.332	283.190	123.441	90.899	713.862
2006	219.159	284.422	125.499	92.097	721.177

* Excepto cando se indica de xeito explícito, a fonte son os Anuarios de Estatística do Ministerio

Capítulo 4

Evolución da Superficie Agrícola Utilizada na Terra Chá (1956-2004)

*“A Terra Cha somentes é:
un povo aquí, outro acolá,
mil arbres, monte raso,
un ceo chumbo e tráxico
no que andan as aves a voar.
O resto é soedá.”*

*Manuel María (1954).
Terra Chá (poemas).*

Un dos aspectos reseñables da análise das diferentes fontes cartográficas e estatísticas sobre usos e cubertas do solo que presentamos no capítulo 3 é que cando se traballa cun período temporal que se remonta a mediados do século pasado, o máximo nivel de desagregación territorial ó que se pode chegar é o da provincia. Non obstante, da revisión teórica xa presentada destaca o feito de que os procesos de marxinalización e abandono da agricultura se caracterizan por unha grande complexidade espacial, xa que son resultado de múltiples factores que interactúan entre si a diferentes escalas. Por outra parte observamos que a investigación do abandono en Galicia se fixo ata o momento desde o punto de vista das ciencias sociais e humanidades e que sería necesaria unha aproximación ó problema desde o punto de vista territorial. Para tratar de responder á cuestión da complexidade espacial neste capítulo centramos a atención na comarca luguesa da Terra Chá. A escala de traballo é municipal, e as fontes principais utilizadas para avaliar a evolución da SAU comarcal son o voo fotogramétrico da Serie B (realizado en 1956 e 1957) e o mapa de recintos de uso asociado ó SIGPAC.

4.1. Introducción e obxectivos

O abandono da agricultura é un fenómeno complexo desde o punto de vista espacial, no que interveñen factores que actúan a diferentes escalas. Como consecuencia, a súa distribución no territorio non é uniforme e resulta difícil de predicir. Sen embargo, as fontes dispoñibles sobre os usos do solo en épocas pasadas carecen de detalle suficiente e limítanse a proporcionarnos datos provinciais. Resulta bastante obvio que os valores medios contidos nas estatísticas enmascaran unha realidade bastante máis complexa que é necesario comprender se se pretende realizar un axeitado tratamento do problema: por exemplo, para dirixir as accións cara ás áreas máis afectadas.

O traballo que se presenta toma unha área de estudo relativamente extensa e diversa como é a comarca da Terra Chá e busca trazar a grandes liñas a evolución seguida pola superficie ocupada pola agricultura durante o último medio século. Interesa en particular someter a proba o hipotético descenso da SAU que tería lugar durante un período de tempo de semellante magnitude, así como coñecer a súa distribución espacial e o tipo de uso actual da superficie supostamente liberada. Para este fin utilízase como referencia a fotografía aérea de 1956-1957 e compárase co uso actual representado na información asociada ó *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas* (SIGPAC).

4.1.1. Breve descrición da área de estudio

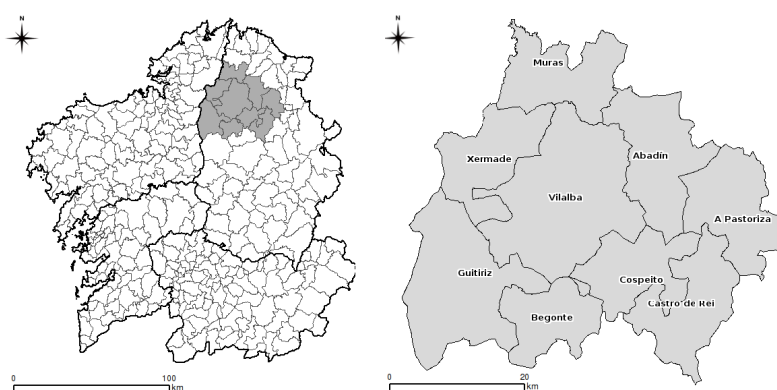
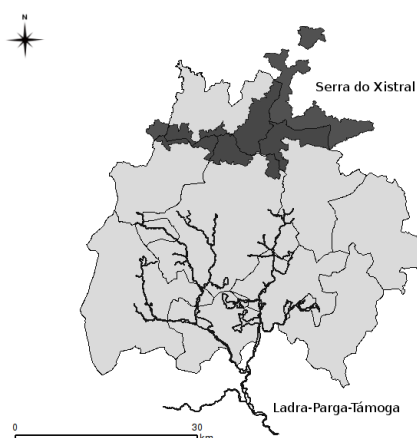
A comarca da Terra Chá está situada na provincia de Lugo (figura 4.1) e inclúe, segundo a definición establecida polo Decreto 65/1997 que regula o mapa comarcal de Galicia¹ nove concellos: Abadín, Begonte, Castro de Rei, Cospeito, Guitiriz, Muras, A Pastoriza, Vilalba, e Xermade. A extensión dos diferentes municipios oscila entre os 127 km² de Begonte e os 379 km² de Vilalba, ata formar un total de 1822 km² (táboa 4.1). Desde o punto de vista xeográfico a comarca está formada por unha extensa chaira central que drena en dirección sur a través do río Miño e os seus afluentes, rodeada por un conxunto de formacións montañosas que a separan das comarcas veciñas: as serras de Cova da Serpe e da Loba polo oeste forman a fronteira coa provincia de A Coruña, as serras da Carba e do Xistral establecen o límite coa Mariña luguesa, e o Cordal de Neda e a serra de Meira forman o límite oriental. Dentro dos seus límites atópanse dous espazos naturais protexidos incluídos como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) dentro da Rede Natura 2000: o complexo fluvial Parga-Ladra-Támoga e a serra do Xistral (figura 4.2).

Desde o punto de vista do estudio da evolución da superficie agrícola a comarca presenta varios atractivos. En primeiro lugar, os concellos que

¹Decreto 65/1997, de 20 de febreiro, polo que se aproba definitivamente o mapa comarcal de Galicia.

Táboa 4.1. Superficie dos concellos que forman a Terra Chá

Concello	Superficie (km ²)
Abadín	196
Begonte	127
Castro de Rei	177
Cospeito	145
Guitiriz	294
Muras	164
Pastoriza, A	175
Vilalba	379
Xermade	167
Terra Chá (comarca)	1.822
Lugo (provincia)	9.856
Galicia	29.574

**Figura 4.1.** Situación da Terra Chá en Galicia.**Figura 4.2.** Lugares de Importancia Comunitaria na Terra Chá.

a compoñen presentan importantes diferencias desde o punto de vista da orografía e tamén nos planos produtivo e económico, o que debería permitir apreciar diferencias significativas na evolución seguida pola superficie agrícola en cada un deles. Por outra parte, non se trata dunha comarca típica caracterizada polo abandono da agricultura: a diferenza do que poderían ser moitas zonas do interior de Ourense, por exemplo, a Terra Chá destaca por ser un dos expoñentes da especialización gandeira dentro do conxunto de Galicia (Iglesias Patiño et al. 2000, López Andiñ 1979, López Charques 1997), e conta con algunhas das poucas zonas de Galicia onde o Instituto Nacional de Colonización ensaiou a posta en marcha dunha gandeiría “moderna” radicalmente enfrontada ás prácticas tradicionais (Cardesín Díaz 1987). A produtividade agrícola non se ve limitada, con carácter xeral, máis que por un réxime de temperaturas lixeiramente continental (con mínimas relativamente baixas en inverno) e polo agotamento da reserva de auga do solo durante un ou dous meses ó ano (Castelao Gegunde & Díaz-Fierros Viqueira 1992). Na súa elección como área de estudio tívose en conta, a maiores, o feito de ser unha das cinco primeiras comarcas de Galicia en ser declaradas *Zona de Especial Interese Agrario* (ZEIA) para o Banco de Terras de Galicia.² Por último, a maior dispoñibilidade de información cartográfica resultante de traballos anteriores levados a cabo no mesmo grupo investigador tamén foi, de xeito indiscutible, un elemento relevante na súa elección.

En conxunto, a comarca presenta uns indicadores demográficos propios da Galicia interior como son a baixa densidade de poboación (25 hab/km²), unha alta proporción de poboación maior de 65 anos (31 %) ou a relativa importancia do emprego no sector primario con máis dun tercio da poboación activa empregada na agricultura (táboa 4.2). Dada a baixa densidade de poboación, e malia grande superficie xeográfica da comarca, a poboación total non é moita (en torno ós 46.000 habitantes) e ademais atópase repartida de modo desigual: o concello de Vilalba concentra practicamente un tercio da poboación total mentres que os concellos situados máis cara o norte (Muras, Abadín, Xermade) son os que presentan densidades de poboación máis baixas, en grande medida debido ó carácter máis agreste da súa orografía. Desde o punto de vista de ocupación na agricultura, os concellos da comarca pódense dividir en tres grupos: (1) A Pastoriza, que destaca sobre tódolos demais cunha poboación activa agraria municipal (PAA) do 60 %; (2) Begonte e Vilalba, concellos nos que esta porcentaxe é inferior ó 25 % polo maior peso dos sectores secundario e terciario; e (3) o resto dos concellos, con valores entre o 35 e 45 %.

A evolución histórica da poboación durante o período de estudio está marcada por un máximo acadado arredor de 1950 e un longo proceso de diminución posterior que continúa na actualidade (táboa 4.3). Trátase dun

²Decreto 206/2007 polo que se declaran como zonas de especial interese agrario as comarcas de Ordes, A Terra Chá, A Limia, O Deza, e O Baixo Miño.

Táboa 4.2. Variables demográficas da Terra Chá

Concello	Dens. poboación (hab/km ²)	Pob. >65 anos (%)	Pob. activa agraria (%)
Abadín	15,6	37,3	44,6
Begonte	28,0	34,4	23,1
Castro de Rei	32,4	31,7	40,1
Cospeito	36,9	34,4	42,3
Guitiriz	20,3	31,1	34,8
Muras	5,4	38,8	36,6
A Pastoriza	21,1	32,2	60,8
Vilalba	40,5	27,7	24,4
Xermade	13,9	36,7	38,5
Terra Chá (comarca)	25,2	31,6	35,6
Lugo (provincia)	36,0	27,8	15,7
Galicia	93,7	21,6	5,5

Fonte: Padrón Municipal de Habitantes (INE).

Táboa 4.3. Evolución da poboación comarcal

Concello	Anos					
	1940	1950	1960	1970	1991	2007
Abadín	6.049	6.352	6.129	5.247	3.942	3.065
Begonte	6.952	6.963	6.679	5.151	4.493	3.550
Castro de Rei	7.559	7.513	7.667	6.920	5.748	5.744
Cospeito	7.615	7.921	8.090	7.472	6.166	5.349
Guitiriz	11.909	11.476	10.406	8.961	6.786	5.974
Muras	3.378	3.129	2.780	2.413	1.425	891
A Pastoriza	7.249	6.848	6.238	5.338	4.294	3.690
Vilalba	17.935	20.204	20.264	17.301	15.643	15.358
Xermade	5.214	5.267	5.139	4.209	3.044	2.318
Terra Chá	73.860	75.673	73.392	63.012	51.541	45.939
Lugo (prov.)	512.735	508.916	479.530	415.052	381.511	355.176

Fonte: Padrón Municipal de Habitantes (INE).

patrón similar a moitas outras áreas de España: a situación política do país na inmediata posguerra civil, o período da segunda guerra mundial e o relativo illamento político da dictadura no contexto internacional ata mediados da década de 1950 supuxeron un freo do fluxo migratorio cara ó exterior que se retrasou o descenso demográfico nas áreas rurais de España ([Collantes Gutiérrez & Pinilla Navarro 2002](#)). Coa normalización das relacións entre o Estado español e os Estados veciños recomezou o proceso de emigración e a perda de poboación do rural, habitualmente ligado a un descenso —tamén en termos relativos— da poboación ocupada na agricultura: a desagrarización do campo ou o “cambio ocupacional rural” ([Collantes Gutiérrez 2007](#)).

En resumo, trátase dunha comarca na que destaca un concello de cabeceira caracterizado por un menor peso relativo da agricultura e a gandería no conxunto das actividades económicas que é tamén o concello con menor envellecemento e con maior densidade de poboación, acompañado por outro (Begonte) tamén con baixa importancia relativa do sector primario. Do conxunto restante unha caracterización rápida permitiría facer tres grupos: (1) os máis poboados, situados nas zonas máis baixas e menos accidentadas (Castro de Rei, Cospeito); (2) os de relevo máis accidentado situados na periferia da comarca (Abadín, Xermade, Muras e Guitiriz), con menor densidade de poboación e máis envellecidos; e (3) o caso especial de A Pastoriza, cun sector primario que emprega ó 60 % da poboación activa. Non obstante, outros factores que tamén deberan mencionarse son o paso da autovía A-6 por Guitiriz e Begonte, ou a existencia de certos procesos suburbanos de Lugo en Outeiro e Castro de Rei.

Evolución do número de explotacións

A evolución do número de explotacións entre 1962 e 1999 foi similar á que tivo lugar no conxunto de Galicia. Caracterízase por un descenso continuado de entre o 25 e o 37 % (táboa 4.4), concentrado especialmente nas explotacións de tamaño inferior a 10 ha ([Instituto Nacional de Estadística 1964, 2008b](#)). Non obstante, de acordo cos datos publicados nos respectivos censos non parece que o descenso no número de explotacións se reflita nun descenso da superficie total (ST) ocupada (táboa 4.5), aínda que neste sentido débese ter en conta que a superficie total contida nos censos é un dato obtido por declaración e polo tanto non moi fiable. Desafortunadamente os datos do censo de 1962 non permiten estimar a SAU das explotacións a nivel municipal e polo tanto non podemos contrastar esa cifra, máis reveladora que a da superficie total. Tampouco podemos, por tanto, estimar cal foi o cambio da ratio SAU/ST, indicadora do uso que as explotacións fan do seu territorio.³ Porén, podemos calcular o seu valor para os datos do Censo

³A ratio SAU/ST indica que proporción da superficie total dispoñible na explotación se dedica á produción agrícola ou gandeira. Aínda que depende de factores intrínsecos ás características das parcelas que unha explotación posúe, tamén é un indicador das súas

Táboa 4.4. Evolución do número de explotacións (1962-1999)

Concello	1962	1999	Var. 1962-1999
Abadín	1.412	1.059	-25 %
Begonte	1.435	966	-32 %
Castro de Rei	1.707	1.206	-29 %
Cospeito	1.891	1.214	-35 %
Guitiriz	2.009	1.259	-37 %
Muras	662	381	-42 %
Pastoriza, A	1.460	1.065	-27 %
Vilalba	4.336	2.732	-36 %
Xermade	1.122	826	-26 %
Terra Chá	16.034	10.708	-33 %

Fonte: [Instituto Nacional de Estadística \(1964, 2008b\)](#).

Táboa 4.5. Evolución da superficie das explotacións (1962-1999)

Concello	1962	1999	Var. 1962-1999
Abadín	17.565	15.842	- 9,8 %
Begonte	8.206	6.184	-24,6 %
Castro de Rei	10.772	13.766	27,8 %
Cospeito	7.780	10.038	29,0 %
Guitiriz	12.627	19.064	51,0 %
Muras	12.342	12.697	2,9 %
Pastoriza, A	13.845	14.194	2,5 %
Vilalba	28.914	21.443	-25,8 %
Xermade	12.144	11.532	- 5,0 %
Terra Chá	124.196	124.760	4,6 %

Fonte: [Instituto Nacional de Estadística \(1964, 2008b\)](#). Cifras en ha, referidas á superficie total.

de 1999: estes toman valores entre o 30 e o 45 % nos concellos de Muras, Abadín, Begonte, Guitiriz e Xermade, do 57 % en Vilalba, e entre o 70 e 80 % en Castro de Rei, Cospeito e A Pastoriza ([Instituto Nacional de Estadística 2008b](#)). Ó carecer dun dato previo co que comparalas, estas cifras puideran ser atribuíbles á orografía en moitos casos (particularmente nos concellos máis montañosos de Muras, Abadín, Guitiriz e Xermade), pero tamén puideran ser indicativas de que no último grupo as explotacións en activo terían incrementado a súa superficie utilizada pola vía da roturación de parte das súas terras de monte.

Áreas de concentración parcelaria e de colonización

En 2001, a superficie total afectada por procesos de concentración parcelaria na comarca era de 23.300 ha ([Crecente Maseda et al. 2001](#), [Miranda Barrós 2001](#)). Delas, a maior parte estaba situada no concello de A Pastoriza (13.000 ha) e unha parte menor nos concellos de Abadín, Castro de Rei e Vilalba (figura 4.3). Pola súa parte, os sectores de colonización instalados polo INC ocuparon arredor de 2.800 ha (figura 4.4), a maioría ubicadas en terreos de monte veciñal, nos concellos de Cospeito e Castro de Rei ([Cardesín Díaz 1987](#), [IRYDA 1972](#)). Os decretos de expropiación foron publicados o 10 de febreiro de 1956 e o 18 de xaneiro de 1957, e unha grande parte das obras de apertura de pistas e roturación de monte son perfectamente apreciables nas fotografías aéreas deses anos.

4.1.2. Elección do período de estudio

A elección do período situado a finais de 1950 ou principios de 1960 como punto de partida para a realización deste traballo responde á hipótese de que supón o verdadeiro punto de inflexión entre o sistema agrario tradicional⁴ e o resultante das transformacións operadas na segunda metade do século XX. A hipótese baséase no feito de que os cambios que comezaran a ser introducidos durante o primeiro tercio do século XX (maquinaria, fertilizantes e novas variedades de cultivo) sufriron en toda España un parón importante como consecuencia da guerra civil e a posguerra ata ben entrada a década de 1950 ([Collantes Gutiérrez 2007](#)). En Galicia existe constancia de como neste período recobra importancia o sistema de rozas e gandería extensiva e o sistema de rotación colectiva ([Bouhier 2001](#), [Cardesín Díaz 1992](#)). Na comarca de Terra Chá [Cardesín Díaz \(1992\)](#) sitúa a recuperación de procesos como o acortinamento das agras (creación de cercados no interior), o reparto de montes veciñais e a especialización en vacún de leite cara finais da década

necesidades de terra: a roturación de parcelas *de monte* (é dicir, o incremento da relación SAU/ST) é unha das vías dispoñibles para que unha explotación aumente a SAU ([López Iglesias 1996](#)).

⁴O emprego do termo “sistema tradicional” non implica consideralo como estático ou inmutable no tempo. Sobre este particular pódese consultar a [Fernández Prieto \(1992\)](#).

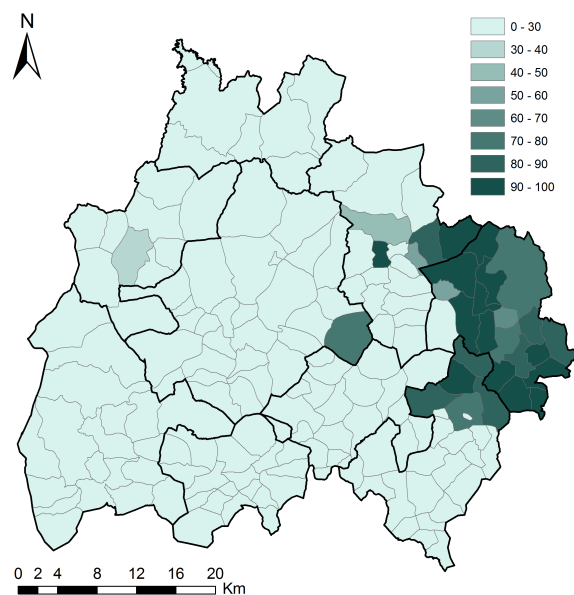


Figura 4.3. Porcentaxe de superficie parroquial afectada por concentración parcelaria. (Elab. propia a partir de [Miranda Barrós 2001](#)).

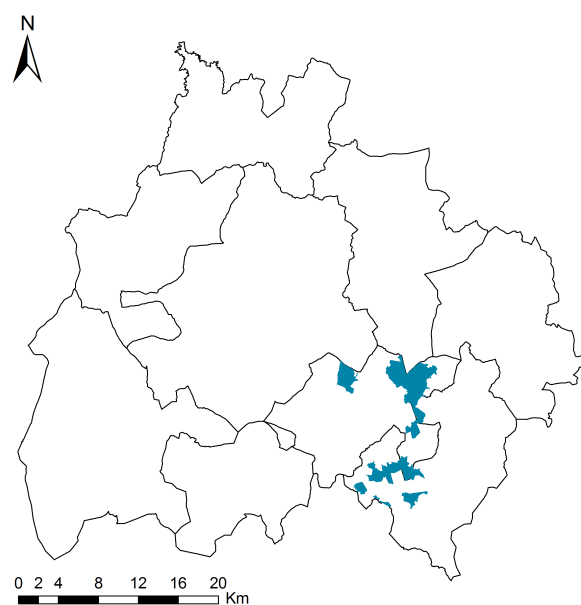


Figura 4.4. Sectores de colonización do antigo INC. (Elab. propia a partir de [Cardesín Díaz 1987](#)).

de 1950. A evolución da poboación xa vista apunta na mesma dirección. A maiores, a década de 1950 marca o inicio ou a aceleración de dúas políticas públicas creadoras de grandes transformacións do sistema agrario: a política de repoboacións do Patrimonio Forestal do Estado ([Rico Boquete 1995](#)) e a política de colonización do Instituto Nacional de Colonización ([Cardesín Díaz 1987](#)).

4.1.3. O uso do territorio no sistema tradicional

Un aspecto imprescindible para a realización deste traballo é o coñecemento do tipo de prácticas que caracterizaban o sistema agrario existente a mediados do século XX en Galicia e en particular na comarca da Terra Chá. Para obter unha boa imaxe do aspecto e funcionamento deste sistema que permita unha correcta fotointerpretación da fotografía aérea histórica a obra de [Bouhier \(2001\)](#) resulta dun valor inestimable. A área de estudio atópase situada, na clasificación que Bouhier fixo das formas de organización agraria en Galicia, na área de “eidos de cerrados das montañas septentrionais” e na dos “eidos de agras” (figura 4.5). A primeira comprende neste caso a porción da comarca situada máis ó norte, que se corresponde co concello de Muras, mentres que a segunda abranguería o resto. Dentro da zona de agras, Bouhier diferencia ata cinco subzonas, das cales dúas están presentes na comarca de Terra Chá de maneira máis patente: a C-I “zona dos eidos de cerrados e pequenas agras mesturadas”, e a C-II “zona central”.

As áreas de cerrados caracterizábanse por presentar unha separación non permanente dos usos “agrícola” e “de monte”, incluso a nivel de parcela individual: calquera parcela estaría “*chamada, durante un período longo, a chegar a ser sucesivamente pasto, toxal-pasto, toxal-estrume, e labradío*”.⁵ A fotointerpretación pode resultar difícil como resultado desa mistura confusa na que se alternan tódalas cubertas sen un patrón claro a primeira vista:

“A mestura toxal-labradío no seo do mesmo cerrado non soamente é frecuente senón que tamén pasa por tódolos matices que van da peza que só comporta unha moi pequena ruptura central ou marxinal de labradío nun vasto tapiz de toxo ou de mal pasto, á parcela case enteiramente traballada e que só deixa o toxal unha feble fracción da súa extensión. Destas xustaposicións intraparcelarias nace con bastante frecuencia unha gran confusión que se chega a aclarar polo exame das fotografías aéreas pero que despista o observador do solo e ás veces ata o propio utilizador.” ([Bouhier 2001](#)).

⁵Precisamente esa alternancia de usos nas distintas parcelas a que obrigaría a realizar cerramentos, fundamentalmente para evitar o paso do gando desde as parcelas a pasto ou toxo novo ata as dedicadas a labradío nun momento determinado.

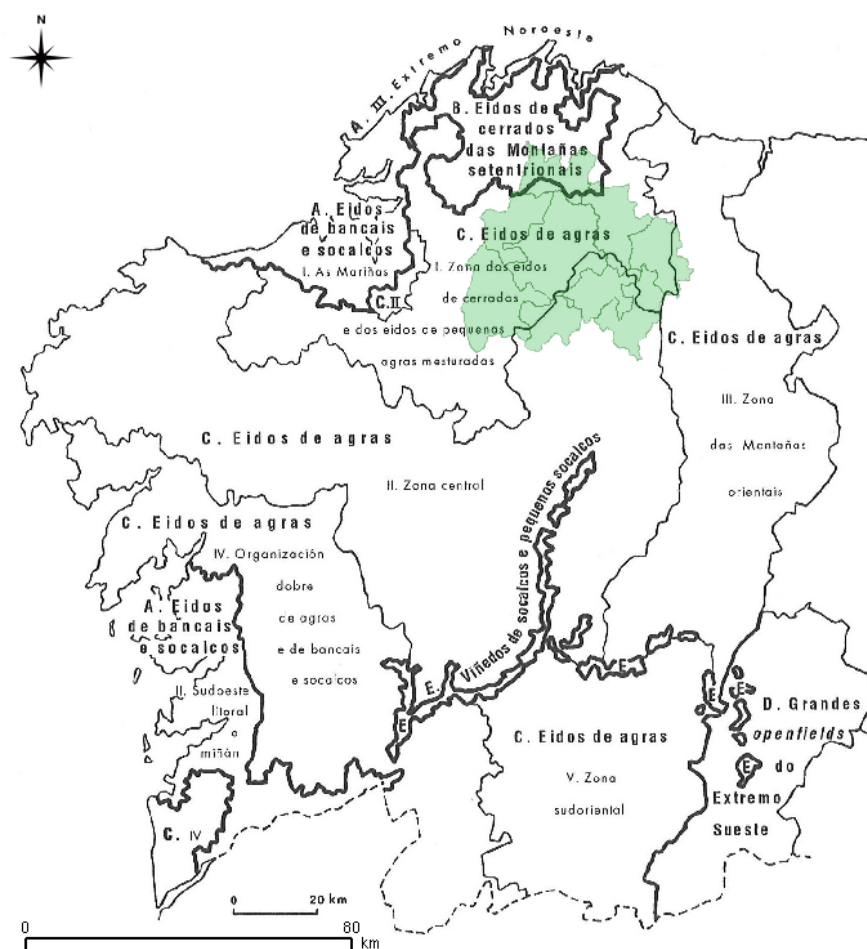


Figura 4.5. Formas de organización agraria según Bouhier (Modificado de [Bouhier 2001](#)).

As zonas de agras, polo contrario, tiñan como elemento diferenciador a asociación de bloques de cultivo (agras) provistos de cerramentos xerais ou colectivos, e divididos internamente en parcelas abertas. As agras eran o elemento central do sistema agrario da aldea, e dedicábanse permanentemente a labradío segundo unha rotación bianual que habitualmente incluía unha colleita de cereal —trigo ou centeo—, unha de millo ou pataca e unha de nabos. A ausencia de divisións internas impoñía a necesidade da uniformidade do cultivo. Para asegurar unha colleita de cereal e tamén de millo ou patacas cada ano, cada aldea contaba cun mínimo de dúas agras, en cada unha das cales existían parcelas de cada casa da aldea. No interior das agras podería existir, se ben de modo máis ben esporádico, algunha parcela a toxo. En todo caso esta debía ser empregada para leña ou estrume e xamais para pasto (para evitar o acceso de animais ó interior da agra). Arredor das agras situábanse algúns bloques máis pequenos (cortiñas), sometidos a un cultivo máis intensivo e que podían, nalgún caso, ser empregados como pasteiros. Finalmente, no perímetro exterior do conxunto situábanse os toxais, xesteiras e pasteiros. Esta estrutura perfectamente organizada que presentaban as áreas de agras convirte a fotointerpretación nunha tarefa relativamente simple.

Un problema que aínda non mencionamos derívase da coexistencia de dúas categorías de mato en canto ó seu aproveitamento. Por un lado aquel que presentaba un uso máis intensivo, sementado e cultivado en períodos de 12 a 15 anos, e que polo tanto podería ser practicamente considerado terra arable. E en segundo lugar aquel que vexetaba cubrindo “*importantes extensións no intervalo das parroquias ou dos grupos de parroquias, tanto en amplas porcións de ladeiras como nas lombas ou nos máis altos cumios*” (Bouhier 2001), en principio terreo inculto pero “*de vez en cando, furado por vastos bloques de cultivo, non cerrados, e traballados senón de xeito absolutamente definitivo, alomenos durante períodos longos ou bastante longos*”. Trátase, en definitiva, de dous usos diferentes para a mesma cuberta do terreo,⁶ circunstancia que non afecta á fotointerpretación (na medida en que se decidiu interpretar cubertas e non usos) pero que terá implicacións de importancia á hora de sacar conclusións sobre a evolución da superficie “agrícola” ata a actualidade.

4.2. Materiais

4.2.1. O voo fotográfico de 1956-57

O voo fotográfico da Serie B a escala 1:30.000 foi realizado por personal militar estadounidense sobre a totalidade do territorio español nos anos 1956

⁶Ou para ser máis precisos, de diferentes graos de intensidade do mesmo uso. Sobre o papel do mato no sistema agrario tradicional tamén se pode consultar a Balboa López (1990).

e 1957. Non se trata do primeiro voo que cubre a totalidade do Estado: esta categoría correspóndelle ó voo da Serie A de 1945 e 1946 a escala 1:45.000. Este último tamén foi levado a cabo por militares norteamericanos, no marco dos primeiros acordos comerciais e de defensa entre EEUU e España. O seu case completo descoñecemento⁷ explícase polo feito de que a súa utilización posterior —por parte dos propios militares españois, que conservan parte das copias orixinais— foi moi escasa ou practicamente nula, ata o punto de que moitos dos rolos quizais nunca chegaran a ser pasados a papel (sobre o descubrimento e estado de conservación deste voo, pódese consultar a [Fernández García & Quirós Linares 1997](#)).

Por outro lado, existe outro voo cercano no tempo e que tamén cubre a área de estudo. Trátase do realizado en 1954 e 1955 pola *Compañía Española de Trabajos Fotogramétricos Aéreos* (CETFA), pioneira na realización de traballos de fotogrametría aérea en España.⁸ Foi realizado por encargo do Ministerio de Facenda (*Dirección General de Propiedades y Contribución Territorial*) coa finalidade de servir de base para o Catastro rústico. Dispoñible habitualmente nos fondos dos arquivos históricos provinciais, na forma de ampliacións parciais procedentes das respectivas delegacións provinciais de Catastro.⁹ En ocasións pódese confundir co voo de 1956. Non obstante, a escala é neste caso sensiblemente máis detallada (1:10.000) e o tamaño de negativo é moito menor (18 x 18 cm fronte a 23 x 23 cm), co resultado de que o número de fotografías necesarias para cubrir a mesma área xeográfica é significativamente superior. En resumo, aínda que existen outras fontes fotográficas relativamente cercanas no tempo, o voo de 1956 é unha alternativa bastante razoable para a realización deste traballo, tanto polas características técnicas e o estado de conservación como pola época na que foi realizado.

4.2.2. Mapa de recintos e fotografías aéreas do SIGPAC

Os datos de cobertura actual foron derivados do mapa de recintos do SIGPAC, correspondente ós anos 2003-2004. Tamén se utilizaron as ortofotografías do proxecto SIGPAC, para a fotointerpretación das zonas non

⁷O voo da serie B é frecuentemente referido de xeito informal como “o voo americano”, como se fose o único existente con esa orixe.

⁸Os primeiros traballos de CETFA foron realizados para as confederacións hidrográficas, como é o caso do voo sobre a cabeceira do río Ebro en 1927 ([Fernández García 1998](#)).

⁹As ampliacións parciais supoñen unha destrución da xeometría orixinal da fotografía que dificulta moito a súa inclusión nun sistema de información xeográfica: neste caso, a vía máis factible sería recorrer a unha xeorreferenciación mediante modelos de tipo empírico como funcións polinómicas de primeiro ou segundo grao ou *splines*. En ocasións nos arquivos pódense atopar tamén copias de contacto dos negativos orixinais. Sen embargo e como curiosidade, [López Cadenas & García Barcenás \(1968\)](#) afirman que os negativos orixinais foron destruídos na súa maior parte.

codificadas no mapa de recintos e como material de apoio na ortorrectificación das fotografías de 1956.

4.3. Método

4.3.1. Dixitalización e ortorrectificación da fotografía de 1956

As fotografías do voo da serie B que utilizamos para este traballo estaban dispoñibles na forma de copias de contacto dos negativos orixinais realizadas en papel fotográfico convencional, cun grao de conservación bastante bo se temos en conta o inevitable deterioro que conleva o paso do tempo. O voo sobre a provincia de Lugo foi realizado seguindo pasadas na dirección leste-oeste e numeradas de norte a sur, durante a primavera e verán dos anos 1956 e 1957. A comarca da Terra Chá quedou recollida nas pasadas 6 a 18, coa particularidade de que as fotografías que a cubren corresponden a diferentes momentos no tempo comprendidos entre abril de 1956 e agosto de 1957 (figura 4.6) e foron realizadas con cámaras diferentes de distancia focal arredor dos 150 mm. Destaca o feito de que, ata onde puidemos confirmar, nin no material de arquivo utilizado nin no propio Centro Cartográfico do Exército do Aire (CECAF) se conserva información de calibración das diferentes cámaras utilizadas.

As copias en papel foron dixitalizadas empregando un escáner convencional tamaño A3 cunha resolución de 21 μm /píxel (1.200 ppp) que representa un bo equilibrio entre a resolución espacial resultante na imaxe (aproximadamente 60 cm/píxel) e un tamaño de arquivo manexable (en torno ós 120 megabytes).

As fotografías en formato dixital foron ortorrectificadas coa axuda da aplicación Erdas Imagine 9.1, empregando como material de apoio un modelo dixital do terreo con malla de 5 m e as ortofotografías dixitais correspondentes ó voo SIGPAC sobre a área de estudio.¹⁰ A calidade do produto resultante da ortorrectificación estimouse mediante puntos de comprobación independentes nun valor aproximado de 5 m de erro medio cuadrático (RMSE), o que o convirte nun produto cartográfico válido segundo os criterios máis habituais para unha escala de publicación de 1:20.000 (Corbelle Rico et al. 2006). A resolución espacial mantívose en 0,60 m para tratar de facilitar a fotointerpretación posterior. Finalmente realizouse, empregando a mesma aplicación informática, un mosaico con tódalas fotos para formar unha única imaxe continua de toda a área de traballo.

¹⁰ A calidade xeométrica das ortofotografías do SIGPAC debería cumprir, de acordo coas súas especificacións técnicas, cun erro medio cuadrático menor de 1,25 m (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2002).

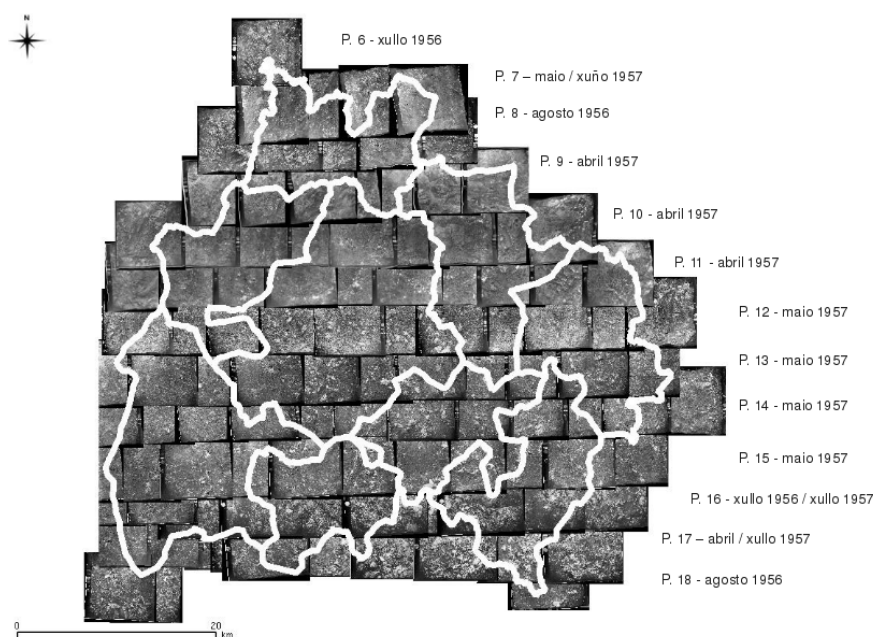


Figura 4.6. Pasadas do voo de 1956-1957 sobre a área de estudo.

4.3.2. Deseño da mostraxe

A considerable extensión da área de estudio fixo que optasemos por utilizar técnicas de mostraxe estatística en lugar de facer un inventario completo de toda a súa superficie. En particular optamos por un esquema sistemático, por ser máis eficiente que o aleatorio e asegurar un mellor reparto sobre a superficie de estudio que facilita que non se deixen áreas sen cubrir. Variantes desta aproximación son usuais en estudos de uso/cobertura do solo que non impliquen un inventario completo do territorio, como é o caso do proxecto da Unión Europea *Land Use/Cover Area frame statistical Survey* (LUCAS) (Martino & Fritz 2008). Algúns destes deseños son polietápicos, pero neste caso optamos por un deseño nunha soa etapa, xa que se considerou que a complexidade de execución que engaden os primeiros non se vería compensada por unha maior exactitude dos resultados. O deseño utilizado tomou a forma de malla cadrada de 500 m de lado na que cada vértice define un punto a mostrear. Ós efectos da interpretación manual da fotografía histórica, en cada un destes puntos (ata un total de 7.274) identificouse un círculo de 100 m² de superficie (12 m de diámetro) onde se interpretou, de forma visual, a cuberta existente. Tendo en conta que tamén interesaba obter estimacións a nivel municipal era necesario considerar o tamaño de mostra para cada un dos concellos: dado que neste tipo de mostraxe o reparto é proporcional á superficie, o número de puntos por concello atópase entre os 505 puntos de



Figura 4.7. Interpretación dalgunhas cubertas en zona de agras. Parroquia de Cerdeiras, Begonte, xullo de 1957. Pódense apreciar tres agras diferenciadas pertencentes á mesma aldea: dúas delas plantadas con centeo (*plantadas a pan*, en palabras do informante), e a central con millo ou patacas.

Begonte ata os 1510 de Vilalba.

Para a fotointerpretación dos puntos de mostraxe optouse por unha clasificación simple, similar á empregada noutros traballos (Calvo Iglesias 2005, Millington et al. 2007, Mottet et al. 2006, van Doorn & Bakker 2007), e que se reduce a catro grandes clases simples: (1) superficie agrícola (terra arable, prados e pasteiros), (2) mato, (3) arborado e (4) outras superficies.

4.3.3. Fotointerpretación na fotografía de 1956-1957

Á información acerca do sistema agrario tradicional que obtivemos das fontes bibliográficas citadas en apartados anteriores engadimos unha consulta a residentes locais sobre a utilización histórica das fincas que puideran recoñecer sobre a fotografía. Os resultados das consultas permitiron asociar cada cuberta cunha determinada parcela da fotografía, das que se derivan as súas características de brillo, textura, posición relativa a outras, etc. O resultado dunha desas consultas aparece presentado na figura 4.7. Isto permitiu establecer un número de criterios de interpretación das diferentes cubertas, coa finalidade de sistematizar dentro do posible o proceso. Os factores considerados foron o tono de gris, a extensión, a textura e a presenza de sombras, tal e como se enumera a continuación:

Terra arable, prados e pasteiros

- Tono de gris: tonos claros no caso da terra recién arada (nas fotos tomadas nos meses de abril-maio) ou nas parcelas de cereal recién segadas ou a punto de selo (fotos tomadas en xullo-agosto); tonos de gris moi claro para as parcelas con cultivos en etapa de crecemento (millo ou pataca); tonos de gris lixeiramente escuro para as parcelas con herba.
- Extensión: parcelas de límites ben definidos e extensión non demasiado grande.
- Textura: uniforme.
- Sombras: non proxectan sombras.

Mato

- Tono de gris: tonos escuros ou moi escuros.
- Extensión: variable, pero chegan a ocupar varias hectáreas de superficie continua nas zonas de serra.
- Textura: variable, en ocasións grosa (hai píxeles en sol e en sombra debido ás irregularidades na altura do mato), e en ocasións fina (en toxeirais ou xesteiras cultivadas de pequena extensión).
- Sombras: non proxectan sombras, ou son moi pequenas e dificilmente identificables.

Arborado

- Tono de gris: tonos escuros ou moi escuros.
- Extensión: variable.
- Textura: moi grosa (a cuberta de arborado é máis irregular en altura que a de mato e en consecuencia existen grandes partes das copas que están en sombra e outras que están ó sol).
- Sombras: claramente diferenciáveis.

4.3.4. Obtención da cuberta de 2003-2004

O procedemento de mostraxe foi repetido para o ano 2004. A diferenza máis importante consiste en que a cobertura correspondente a este ano foi derivada fundamentalmente do mapa de recintos do SIGPAC, previa adaptación da lenda, mediante unha operación de superposición sobre este dos puntos de mostraxe. O criterio seguido para simplificar a lenda orixinal aparece na táboa 4.6. Destaca ó final da táboa a categoría *ZC* (zona concentrada non reflectida na ortofoto) que ocupaba unha certa extensión sobre a área

Táboa 4.6. Adaptación da lenda do SIGPAC

	Uso SIGPAC	Cobertura asignada
TA	Terra arable	Arable, prados e pasteiros
TH	Horta	Arable, prados e pasteiros
FY	Froiteira	Arable, prados e pasteiros
VI	Viñado	Arable, prados e pasteiros
PS	Pasteiro	Arable, prados e pasteiros
PR	Pasto arbustivo	Mato
PA	Pasto arbustivo con arborado	Mato
FO	Forestal	Arborado
CA	Vías	Outras (vías)
AG	Correntes e superficies de auga	Outras (auga)
ZU	Zona urbana	Outras (casas)
ED	Edificacións	Outras (casas)
IM	Improdutivos	Outras (improdutivos)
ZC	Zona concentrada non reflectida na ortofoto	(sen clasificar)

de estudio e da que non poderíamos ter datos de cuberta. Para os puntos de mostraxe que caeron nestas zonas realizouse unha interpretación manual sobre a fotografía de 2003-2004, con criterios similares ós xa expostos pero coa grande vantaxe de tratarse de fotografías en cor e de mellor calidade.

4.4. Resultados

4.4.1. Fiabilidade das estimacións

Tendo en conta que os datos de superficie son unha estimación que procede de mostraxe, consideramos necesario calcular os intervalos de confianza correspondentes a cada unha das estimacións. O problema de calcular intervalos de confianza para unha distribución multinomial non é simple e en consecuencia son varios os diferentes métodos propostos, dos que non existe un que sexa óptimo en tódolos casos posibles (Glaz & Sison 1999, Goodman 1965, May & Johnson 1997). Optamos pola aproximación de Goodman (1965), axeitada cando o número de categorías non é moi elevado e o número de observacións por categoría alomenos de 10 (May & Johnson 1997), circunstancias que se cumpren neste traballo. Este método define uns intervalos de confianza que se rixen pola expresión (consultada en Bower et al. 2005):

$$\frac{\chi_{\alpha/k,1}^2 + 2n_i \pm \sqrt{\chi_{\alpha/k,1}^2 \left(\chi_{\alpha/k,1}^2 + \frac{4n_i(N-n_i)}{N} \right)}}{2 \left(N + \chi_{\alpha/k,1}^2 \right)} \quad (4.1)$$

onde α é o nivel de significación, k o número de clases da distribución multinomial, N o tamaño mostral e n_i o número de observacións de cada clase.

Táboa 4.7. Ocupación do solo en 1956-1957 (%)

Concello	Arable e prados	Mato	Arborado	Outras superficies
Abadín	39,4 (35, 1; 43, 9)	53,5 (49, 0; 57, 9)	4,8 (3, 2; 7, 1)	2,3 (1, 3; 4, 1)
Begonte	58,0 (52, 5; 63, 4)	30,0 (25, 3; 35, 4)	8,7 (6, 1; 12, 4)	3,3 (1, 7; 5, 8)
Castro de Rei	53,0 (48, 3; 57, 6)	35,8 (35, 1; 40, 4)	7,6 (5, 5; 10, 5)	3,6 (2, 2; 5, 7)
Cospeito	63,0 (57, 8; 67, 9)	26,2 (21, 9; 31, 0)	7,9 (5, 5; 11, 1)	2,9 (1, 6; 5, 3)
Guitiriz	41,9 (38, 3; 45, 5)	52,4 (48, 8; 56, 0)	3,7 (2, 6; 5, 4)	2,0 (1, 2; 3, 2)
Muras	27,4 (23, 2; 31, 9)	61,8 (56, 9; 66, 4)	9,8 (7, 3; 13, 1)	1,0 (0, 4; 2, 6)
Pastoriza, A	46,6 (41, 9; 51, 2)	46,5 (41, 9; 51, 2)	3,8 (2, 4; 6, 1)	3,1 (1, 8; 5, 2)
Vilalba	50,7 (47, 5; 53, 9)	36,6 (33, 5; 39, 7)	10,5 (8, 7; 12, 6)	2,2 (1, 5; 3, 4)
Xermade	31,7 (27, 4; 36, 4)	56,7 (51, 9; 61, 4)	10,0 (7, 5; 13, 3)	1,6 (0, 7; 3, 2)
Total comarca	45,5 (44, 1; 47, 0)	44,7 (43, 2; 46, 1)	7,4 (6, 7; 8, 2)	2,4 (2, 0; 2, 9)

* Cada valor aparece acompañado do correspondente intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$), calculado segundo o método proposto por [Goodman \(1965\)](#) para distribucións multinomiais.

4.4.2. Distribución das cubertas do solo

Os resultados da fotointerpretación da cuberta do solo a partir da fotografía de 1956-1957 (táboa 4.7) mostran unha paisaxe dominada case a partes iguais pola superficie cultivada e a superficie de mato e cunha presenza moi limitada das áreas cubertas por arborado. Por comparación, os datos de 2004 (táboa 4.8) mostran un lixeiro descenso da superficie cultivada, un descenso considerable da superficie de mato e un incremento notable da superficie cuberta por arborado. En liñas xerais, a SAU diminuíu un 5,7% (cerca de 73 km²) durante os case cincuenta anos transcorridos, pero esta diminución concentrouse nunha parte dos concellos: a comparación dos intervalos de confianza calculados para as cifras de SAU municipal (figura 4.8) mostra que só catro concellos experimentaron unha diminución de SAU (Begonte, Guitiriz, Muras e Vilalba) mentres que outros catro a mantiveron (Abadín, Castro de Rei, Cospeito e Xermade) e un incluso a incrementou (A Pastoriza).

A maiores das estimacións numéricas, os resultados da mostraxe poden ser representados cartograficamente se asignamos a cuberta de cada punto a un pixel cadrado de 500 m de lado (figura 4.9). Aínda que se trata dunha representación moi grossa, permite apreciar rapidamente o descenso de superficie cultivada (en amarelo) e a súa substitución por arborado (azul), en especial na metade sur da comarca. Tamén destaca, no mapa dos anos 1956-1957 a maior presenza de mato nas áreas montañosas que serven de límite entre municipios, e especialmente na zona da Serra do Xistral (concello de Muras).

4.4.3. Dirección dos cambios ocorridos

A comparación das cubertas identificadas en cada punto da mostra nos dous períodos estudados permite derivar matrices de cambio que indiquen

Táboa 4.8. Ocupación do solo en 2003-2004 (%)

Concello	Arable e prados	Mato	Arborado	Outras superficies
Abadín	36,7 (32, 5; 41, 1)	38,8 (34, 5; 43, 2)	19,1 (15, 8; 22, 9)	5,4 (3, 7; 7, 8)
Begonte	27,3 (22, 7; 32, 5)	19,4 (15, 4; 24, 2)	44,2 (38, 7; 49, 7)	9,1 (6, 4; 12, 8)
Castro de Rei	55,0 (50, 3; 59, 6)	13,7 (10, 8; 17, 3)	27,6 (23, 6; 32, 0)	3,7 (2, 3; 5, 9)
Cospeito	63,0 (57, 8; 67, 9)	9,1 (6, 5; 12, 5)	20,8 (16, 9; 25, 3)	7,1 (4, 9; 10, 3)
Guitiriz	29,5 (26, 3; 32, 9)	28,9 (25, 7; 32, 3)	36,1 (32, 7; 39, 7)	5,5 (4, 1; 7, 4)
Muras	12,2 (9, 4; 15, 8)	58,3 (53, 4; 63, 0)	26,3 (22, 2; 30, 8)	3,2 (1, 9; 5, 4)
Pastoriza, A	57,7 (53, 0; 62, 3)	18,7 (15, 3; 22, 6)	19,8 (16, 3; 23, 8)	3,8 (2, 4; 6, 1)
Vilalba	43,3 (40, 2; 46, 5)	26,2 (23, 4; 29, 1)	28,3 (25, 5; 31, 3)	2,2 (1, 4; 3, 3)
Xermade	35,0 (30, 6; 39, 8)	32,0 (27, 7; 36, 7)	31,3 (27, 0; 35, 9)	1,7 (0, 8; 3, 4)
Total comarca	39,8 (38, 4; 41, 2)	27,6 (26, 3; 28, 9)	28,3 (27, 0; 29, 6)	4,3 (3, 7; 4, 9)

* Cada valor aparece acompañado do correspondente intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$), calculado segundo o método proposto por [Goodman \(1965\)](#) para distribucións multinomiais.

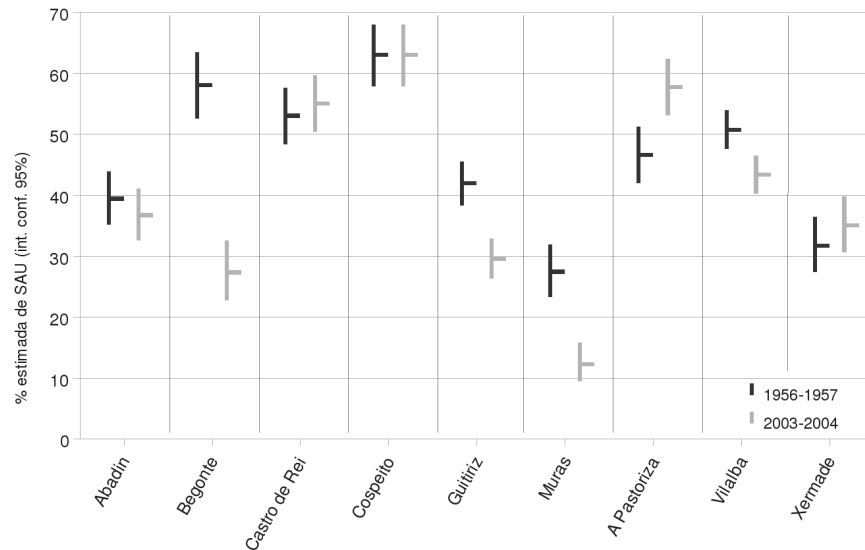


Figura 4.8. Evolución da SAU municipal (1956-2004). A barra vertical representa o intervalo de confianza ($\alpha = 0,05$) para cada unha das estimacións.

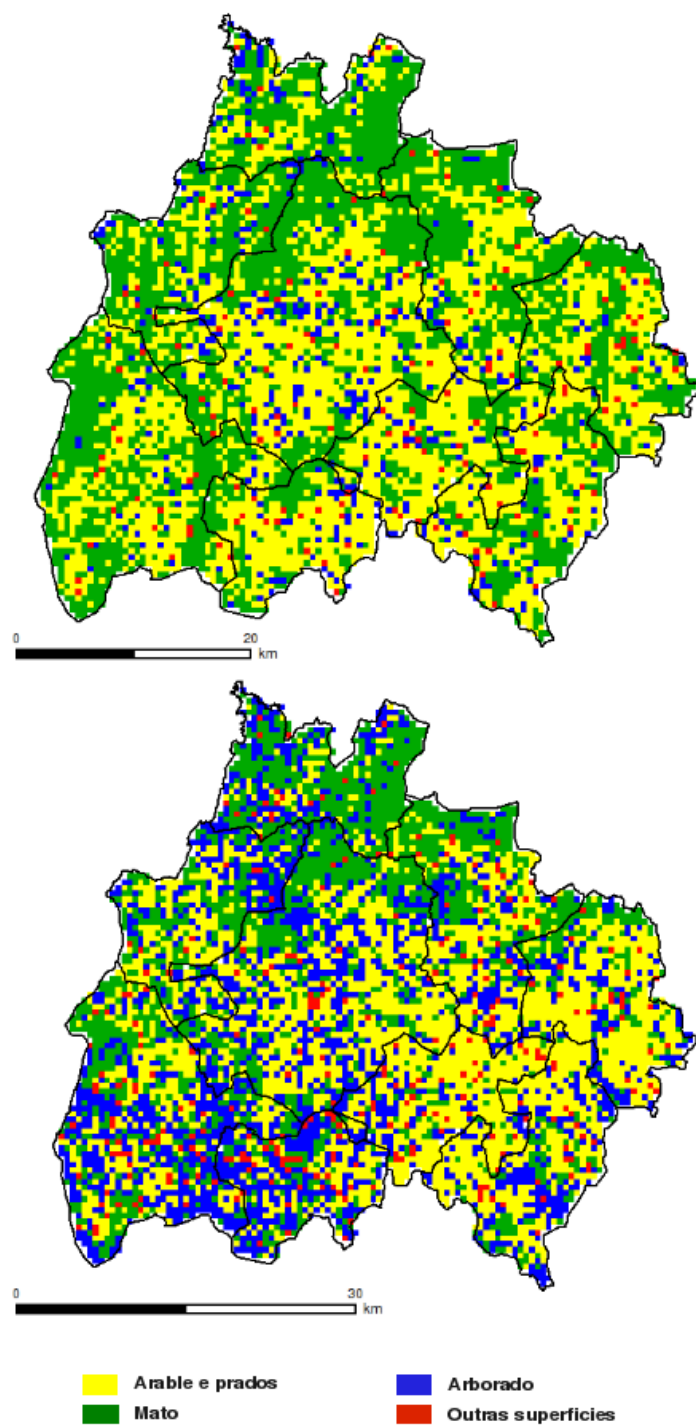


Figura 4.9. Mapas de cubertas do solo derivados da mostraxe (1956 e 2004). Cada cela de 500x500 m representa un punto de mostraxe.

as principais tendencias existentes por porcentaxe de superficie afectada (táboa 4.9). Nunha matriz de cambios as superficies clasifícanse en función da cuberta que tiveron en 1956-1957 (en filas) e da que presentaban en 2003-2004 (columnas). A suma de cada fila representa a superficie total cuberta por unha determinada categoría en 1956 e a suma dunha columna corresponde ó total de 2004. As cifras na diagonal representan ás áreas que non mudaron de cuberta e o resto das cifras representan a área que mudou dunha cuberta anterior (fila) a outra actual (columna), de modo que ó ler unha fila podemos ir descifrando o destino da superficie orixinal.¹¹

Durante o período estudado producíronse transicións entre tódolos tipos de cuberta consideradas. Destaca o feito de que a perda de terra arable, prados e pasteiros se debe na súa maior parte á ocupación por arborado procedente de plantacións para produción de madeira.¹² Polo contrario, o balance de cambios entre mato e cultivos é favorable a estes últimos por 72 km², se ben neste punto é necesario ter en conta que o uso de grande parte da superficie de mato en 1956 tiña un carácter ben diferente do actual: hoxe é posible afirmar que as superficies cubertas por mato non soportan practicamente ningún tipo de aproveitamento, o cal non era certo cincuenta anos antes. Polo tanto, é razoable pensar que grande parte dos 182 km² de terras de mato roturadas para uso agrícola durante o período simplemente impliquen o paso dunha forma de aproveitamento agrogandeiro a outra máis intensiva e non sexan, en definitiva, terras gañadas pola agricultura.

Os resultados evidencian a existencia de procesos de abandono da terra (119 km² que deixan de ser cultivados e resultan ocupados por mato) e de abandono da actividade agrícola pero non da terra: polo menos unha parte dos 181 km² que deixan de ser cultivados e se cubren de arborado resultan como consecuencia da decisión voluntaria do seu propietario de repoboalos para producir madeira, e implican un cambio de uso cara outro menos intensivo pero que aínda lle proporciona ingresos.

Sobre o incremento da superficie arborada neste período, a actividade repoboadora do Estado —fundamentalmente a través do antigo Patrimonio Forestal do Estado (PFE)— tivo que ter unha importante influencia no incremento da superficie arborada. A actividade do PFE abrangue o período comprendido entre os anos 1941 e 1971. Durante este tempo o procedemento empregado para conseguir hectáreas de repoboación era a firma de consor-

¹¹Por exemplo, ó ler a primeira fila da táboa 4.9 podemos saber que da superficie ocupada por terra arable, prados e pasteiros en 1956-1957 unha parte continúa co mesmo tipo de cuberta (493 km²), unha parte foi ocupada por mato (119 km²), e outra parte por arborado (181 km²).

¹²A comprobación sobre a fotografía de 2003-2004 permitiu establecer a procedencia de plantación para a inmensa maioría das masas arbóreas presentes sobre terras que eran cultivadas en 1956-1957. A procedencia de repoboación e a finalidade produtora determinouse baseándose na identificación de especie cando foi posible —a través da cor, forma da copa en proxección e da forma da sombra sobre o terreo—, ou simplemente pola existencia dun marco de plantación.

Táboa 4.9. Matriz de transicións observadas entre 1956 e 2004 (km²)

1956-1957	2003-2004				Total 1956-57
	Arable e prados	Mato	Arborado	Outras	
Arable e prados	493 (27,1 %)	119 (6,6 %)	181 (10,0 %)	36 (2,0 %)	829 (45,5 %)
Mato	182 (10,0 %)	364 (20 %)	246 (13,5 %)	22 (1,2 %)	814 (44,7 %)
Arborado	37 (2,0 %)	14 (0,7 %)	79 (4,4 %)	5 (0,3 %)	135 (7,4 %)
Outras	14 (0,7 %)	6 (0,3 %)	9 (0,4 %)	16 (0,9 %)	45 (2,4 %)
Total 2003-04	726 (39,8 %)	503 (27,6 %)	515 (28,3 %)	79 (4,3 %)	1822 (100 %)

cios cos concellos ou coas deputacións provinciais, ben de modo voluntario ou previo Decreto de repoboación obrigatoria. A máxima actividade na firma de consorcios corresponde a 1952-1962. Aínda que os concellos da Terra Chá non foron dos máis afectados en Galicia, a superficie repoboada nesta comarca entre 1941 e 1971 sitúase en torno ós 160 km² (Rico Boquete 1995). Tendo en conta que as actuacións se concentraron sobre montes veciñais non incluídos no Catálogo de Utilidade Pública, as repoboacións tiveron lugar principalmente sobre áreas que ata entón eran aproveitadas como mato para leña e pastoreo extensivo, como acreditan as protestas veciñais que suscitaron en numerosos casos. En todo caso, parece evidente que esta actividade repoboadora non afectaría a parcelas de propiedade privada, pequeno tamaño e uso máis intensivo (as agras e cortiñas), e polo tanto podemos pensar que as repoboacións da Administración están incluídas fundamentalmente no cambio de mato a arborado e non no que leva de terra arable e prados a arborado. Este último debe responder en parte á rexeneración natural, e sobre todo á repoboación por parte dos propietarios a título individual, e podemos supoñer que se deu maioritariamente nun momento moito máis cercano —probablemente na década de 1990, coincidindo co descenso detectado na análise das estatísticas do capítulo 2—, en grande parte ó abrigo das subvencións outorgadas precisamente para ese fin (García Arias & Pérez Fra 2001).

4.4.4. Cambios por grupos de concellos

A efectos de valorar a influencia dos diferentes cambios de uso sobre a distribución final da SAU, dividimos os concellos en tres grupos, precisamente baseándonos na evolución seguida pola SAU observada na figura 4.8:

- *Grupo 1:* Concellos nos que diminuíu a porcentaxe de SAU: Begonte, Guitiriz, Muras e Vilalba (táboa 4.10).
- *Grupo 2:* Concellos nos que se mantivo a porcentaxe de SAU: Abadín, Castro de Rei, Cospeito e Xermade (táboa 4.11).
- *Grupo 3:* Concellos nos que se incrementou a porcentaxe de SAU: A Pastoriza (táboa 4.12).

Da comparación das táboas 4.10, 4.11 e 4.12 pódense destacar tres ideas principais. En primeiro lugar, o paso de SAU a mato foi similar entre os tres grupos pero lixeiramente maior nos concellos nos que a SAU descendeu (grupo 1). Sen embargo, o paso de SAU a arborado presenta diferencias máis importantes entre os tres grupos, aínda que reproduce a mesma tendencia (maior no grupo 1 que nos outros dous). Finalmente, o cambio que presenta maiores diferencias entre os tres grupos é a roturación de terras de monte (paso de mato a SAU): practicamente se duplica do grupo 1 ó 2 (6,5% e 12,6% respectivamente) e ten moita importancia no grupo 3 (18%). É dicir, semella que o factor diferenciador da evolución da SAU nos concellos estudados non é tanto o abandono da terra (a expansión do mato por superficie anteriormente cultivada), senón á repoboación con fins madeireiros sobre áreas cultivadas (responsable da maior parte da expansión do arborado) e, sobre todo, a escasa actividade de roturación realizada nos concellos do grupo 1.

Co fin de valorar ata que punto a evolución detectada se corresponde con outros datos dispoñibles, podemos comparala coa evolución do número de explotacións en cada un dos grupos de concellos xa definidos (táboa 4.13). Da comparación pódese apreciar que foi nos concellos do grupo 1 onde o peche de explotacións foi máis acusado, o que é coherente coa bibliografía (López Iglesias 1996). Por outra parte, para avaliar que tipo de aproveitamento realizan as explotacións sobre a súa superficie, e tendo en conta que non se dispón de datos de SAU por explotación para o censo de 1962, utilizamos a relación entre SAU e superficie total (SAU/ST) correspondente a 1999. Como se pode observar, os valores son maiores para os grupos 2 e 3, o que está relacionado coa relativa importancia en termos de superficie da transición de mato a SAU detectada nas matrices de cambio nestes grupos. Este feito indica que moitas das explotacións destes concellos incrementaron a súa SAU mediante a roturación para usos máis intensivos de superficies de mato da súa propiedade.

Un dos factores que puido facilitar ese mellor aproveitamento da superficie das explotacións (especialmente no grupo 3 formado por A Pastoriza) é a concentración parcelaria: destaca o feito de que A Pastoriza sexa o concello da comarca con máis superficie concentrada en 1999 (22 zonas de actuación e máis de 13.000 ha afectadas), seguida de Castro de Rei (5 zonas de actuación) e con bastante menor importancia no resto (Crecente Maseda et al. 2001, Miranda Barrós 2001). No mesmo sentido inflúe a presenza en Castro de Rei e Cospeito dos sectores de colonización do INC, a maior parte das cales se realizaron en terreos veciñais que ata entón estaban cubertos maioritariamente por mato.

Táboa 4.10. Transicións entre cubertas: concellos grupo 1 (km²)

1956-1957	2003-2004				Total 1956-57
	Arable e prados	Mato	Arborado	Outras	
Arable e prados	221 (23,0 %)	76 (7,9 %)	117 (12,1 %)	19 (2,0 %)	433 (45,0 %)
Mato	63 (6,5 %)	217 (22,5 %)	139 (14,4 %)	13 (1,4 %)	432 (44,9 %)
Arborado	17 (1,7 %)	8 (0,9 %)	51 (5,2 %)	2 (0,2 %)	78 (8,1 %)
Outras	5 (0,5 %)	3 (0,3 %)	7 (0,7 %)	6 (0,7 %)	21 (2,1 %)
Total 2003-04	306 (31,7 %)	304 (31,6 %)	314 (32,4 %)	40 (4,3 %)	964 (100 %)

Táboa 4.11. Transicións entre cubertas: concellos grupo 2 (km²)

1956-1957	2003-2004				Total 1956-57
	Arable e prados	Mato	Arborado	Outras	
Arable e prados	209 (30,7 %)	35 (5,18 %)	56 (8,2 %)	13 (2,0 %)	313 (46,0 %)
Mato	86 (12,6 %)	123 (18,0 %)	85 (12,5 %)	6 (0,9 %)	300 (44,0 %)
Arborado	17 (2,5 %)	5 (0,8 %)	26 (3,8 %)	3 (0,4 %)	51 (7,5 %)
Outras	5 (0,7 %)	3 (0,4 %)	2 (0,3 %)	9 (1,2 %)	19 (2,6 %)
Total 2003-04	317 (46,6 %)	166 (24,4 %)	169 (24,7 %)	31 (4,4 %)	685 (100 %)

Táboa 4.12. Transicións entre cubertas: concellos grupo 3 (km²)

1956-1957	2003-2004				Total 1956-57
	Arable e prados	Mato	Arborado	Outras	
Arable e prados	62 (35,2 %)	8 (4,5 %)	9 (5,0 %)	3 (1,8 %)	82 (46,5 %)
Mato	33 (18,7 %)	24 (13,7 %)	23 (12,7 %)	2 (1,4 %)	82 (46,5 %)
Arborado	3 (1,8 %)	0 (0,0 %)	3 (1,8 %)	0 (0,1 %)	6 (3,7 %)
Outras	3 (2,0 %)	1 (0,4 %)	0 (0,3 %)	1 (0,4 %)	5 (3,1 %)
Total 2003-04	101 (57,7 %)	33 (18,7 %)	35 (19,8 %)	6 (3,8 %)	175 (100 %)

Táboa 4.13. Evolución do número de explotacións e aproveitamento da superficie total

Grupo	Variación nº explotacións (1962-1999)	Relación SAU/ST en 1999
Concellos grupo 1	-36,8 %	45,2 %
Concellos grupo 2	-29,8 %	57,1 %
Concello grupo 3	-27,1 %	72,4 %

Elab. propia a partir de [Instituto Nacional de Estadística \(1964, 2008b\)](#).

Comparación cos datos de poboación

Con frecuencia se menciona a relación entre abandono da terra, descenso de superficie agraria útil e descenso da poboación. Esta relación é clara no caso de Muras, que perdeu case un 70 % da súa poboación entre 1960 e 2007 e viu reducida á metade a súa superficie de cultivo e prados no período equivalente 1956-2003. Sen embargo, a correspondencia entre as dúas variables remata ahí, pois outros concellos con evolucións similares da súa poboación e con graos de envellecemento parecidos experimentaron cambios moi diferentes na súa superficie agrícola. Un exemplo disto último sería a parella Vilalba-Castro de Rei, nos que a poboación sufriu cambios similares (-20 % entre 1960 e 2007), a densidade de poboación é próxima (40 e 32 hab/km² respectivamente) e a porcentaxe de poboación maior de 65 anos é similar (28 e 32 %), pero nos que a evolución da superficie agrícola foi claramente diferente: descenso en Vilalba e estable en Castro. A variable que si presenta diferencias neste caso é a porcentaxe de poboación activa ocupada na agricultura (24 % en Vilalba e 40 % en Castro).

A mesma secuencia se repite no caso de Guitiriz e A Pastoriza: ambos tiveron unha evolución similar da súa poboación (aproximadamente un -40 % entre 1960 e 2007) e ambos teñen porcentaxes de poboación maior de 65 anos e densidade de poboación similares (aproximadamente 30 % e 20 hab/km², respectivamente), pero o primeiro emprega ó 34 % da poboación activa na agricultura e o segundo ó 60 %: o primeiro diminuíu a súa superficie agrícola mentres que o segundo a incrementou. Non sabemos ata que punto as diferencias na porcentaxe de poboación ocupada na agricultura se deben a unha evolución histórica diferente ou simplemente a diferentes puntos de partida: á falta de datos municipais de ocupación da poboación para a década de 1950 ou 1960 é difícil ser concluíntes, pero parece razoable pensar que esta debía ser unha variable con valores moi similares para tódolos concellos da comarca, e iso á súa vez fai que nos inclinemos pola hipótese dunha diferente evolución histórica da variable.

Para completar o anterior podemos concluír dicindo que, excepto nos casos de despoboamento extremo (Muras), a posibilidade de atopar emprego noutros sectores produtivos parece ser o factor determinante da evolución da SAU municipal: nos concellos que perden SAU a poboación activa ocupada na agricultura oscila arredor do 23 % (Begonte), 24 % (Vilalba), 34 % (Guitiriz) e 36 % (Muras), mentres que nos que manteñen ou incrementan a SAU presenta valores de 38 % (Xermade), 40 % (Castro), 42 % (Cospeito), 45 % (Abadín) e 60 % (A Pastoriza).

Comparación cos datos de incendios forestais

Un dos efectos comunmente citados do descenso da superficie cultivada é a maior incidencia e perigosidade dos incendios forestais. Para valorar se esta

Táboa 4.14. Superficie queimada no período 2001-2005

Concello	Superficie acumulada (ha)	%
Begonte	108	0,85
Guitiriz	453	1,54
Muras	207	1,26
Vilalba	605	1,60
Abadín	54	0,28
Castro de Rei	25	0,14
Cospeito	96	0,66
Xermade	123	0,73
A Pastoriza	14	0,08

Elab. propia a partir de datos da Consellería de Medio Rural (2008).

relación se mantén nos resultados deste traballo, presentamos a continuación (táboa 4.14) os datos de superficie queimada por concellos correspondentes ós anos 2001-2005. Os concellos foron agrupados de igual modo que nos apartados anteriores. Pódese apreciar como no primeiro grupo (concellos que perderon SAU) a proporción de superficie queimada acumulada nos cinco anos é moi superior ós valores dos demais grupos.

4.5. Conclusións

Os resultados mostran que a SAU comarcal descendeu levemente entre 1956 e 2004: do 44,5 % ó 39,8 % da superficie total. Non obstante, débese ter en conta que dentro do marco do sistema agrario imperante en 1956 o concepto de superficie utilizada pola agricultura incluía non só a terra arable e os prados e pasteiros senón tamén unha boa parte da superficie de mato (que en 1956 ocupaba arredor do 45 % da superficie comarcal). Nese sentido podemos afirmar que o descenso de superficie agrícola en sentido amplo tivo que ser máis marcado. En todo caso o descenso de SAU é o resultado de tres cambios de uso en sentidos diferentes: aqueles que actúan diminuindo a súa superficie (de SAU a mato, de SAU a arborado) e o que actúa incrementándoa (de mato a SAU). O balance das transferencias entre a SAU e o mato foi favorable á primeira, revelando que foi maior a superficie de mato roturada para usos agrícolas que a SAU que evolucionou a mato como consecuencia do abandono. O caso das transferencias entre SAU e arborado é diferente, xa que é case anecdótico o caso da superficie arborada que pasa a ser utilizada pola agricultura pero moi importante a superficie agrícola que se cubre de arborado (10 % da superficie comarcal).

O traballo confirma a complexidade espacial dos procesos de abandono da agricultura ó detectar diferencias importantes na evolución seguida pola

SAU nos distintos concellos que forman a comarca: os resultados permiten detectar a presenza de concellos nos que a SAU descendeu durante o período estudado, xunto a outros nos que se mantivo estable ou incluso se incrementou (o caso particular do concello da Pastoriza). A diferente evolución entre concellos parece ser gobernada fundamentalmente por dous tipos de cambio: o paso de SAU a arborado, e o paso de mato a SAU, que a grandes rasgos se corresponden coa repoboación forestal e coa roturación de terras de monte para uso agrícola (reflectida parcialmente na relación entre SAU e superficie total das explotacións). Interesa resaltar que foi o cambio de uso voluntario (plantación forestal) por parte do propietario e non o simple abandono da terra o factor que máis afectou ó descenso de SAU. Por outra parte, tamén se demostra que o descenso local de SAU se pode producir incluso nunha comarca considerada moi productiva, e cunha clara especialización gandeira, como é o caso da Terra Chá, no marco dunha provincia na que a SAU global se mantivo estable no mesmo período.

A comparación entre os resultados da evolución da SAU e os indicadores de poboación permite establecer unha relación bastante clara entre unha baixa proporción da poboación activa ocupada na agricultura e o descenso da SAU, de modo que naqueles concellos onde este indicador se sitúa entre o 38 e o 44 % a SAU mantense en niveis equivalentes ós de 1956, mentres que nos que oscila entre o 23 e o 36 % a SAU descendeu. O descenso da poboación, sen embargo, non mostra unha relación tan forte coa evolución da superficie agrícola, pois concellos con evolucións diferentes da súa poboación mostran conductas similares da SAU e viceversa, se facemos excepción do concello de Muras, onde o despoboamento foi extremo (a perda do 70 % da poboación en menos de 50 anos) e probablemente o factor máis determinante na perda de SAU. Polo tanto, a excepción de casos de despoboamento tan acusados, a posibilidade de atopar emprego noutros sectores da economía (o que algúns autores denominaron “cambio ocupacional rural”) semella un factor máis determinante que o mero descenso da poboación.

A desaparición de explotacións tamén aparece relacionada, como non podía ser doutra maneira, coa desaparición de SAU. Os concellos nos que o número de explotacións descende máis dun 30 % entre os censos de 1962 e 1999 tenden a corresponderse con aqueles nos que a SAU descende e viceversa, se ben a relación non é perfecta neste caso. Finalmente, tamén atopamos relación entre a porcentaxe de superficie afectada por incendios forestais e o descenso de SAU, por canto o crecemento da superficie arborada implica un incremento no volume e continuidade da biomasa presente no territorio e, por tanto, da perigosidade e importancia dos incendios.

En resumo, o traballo confirmou que máis alá das variacións que a superficie agrícola experimente a nivel rexional, é necesario ter en conta a gran variabilidade espacial do fenómeno. En consecuencia, as medidas encamiñadas a contrarrestar o proceso de perda de SAU e as súas consecuencias negativas beneficiaríanse en grande medida dunha planificación espacial que

dirixa a súa atención cara as áreas nas que esta é máis necesaria. Neste sentido tamén se fai evidente a necesidade doutros estudos que, tamén desde o punto de vista territorial, completen esta análise e en particular fagan máis fina a escala temporal de traballo.

Capítulo 5

Modelización dos cambios de uso do solo mediante regresión loxística

O estudio dos cambios na cuberta do terreo ocorridos na Terra Chá durante o período 1956-2004 iniciouse no capítulo anterior coa análise da distribución da superficie comarcal ó inicio e ó final do período, as transicións máis importantes entre cubertas e a estimación da superficie afectada e a distribución dos cambios a nivel municipal. Neste capítulo complétase a análise mediante a utilización de modelos de regresión loxística, co obxectivo de atopar correlacións entre os cambios ocorridos e un conxunto de variables que permitan caracterizar as localizacións donde aqueles tiveron lugar. A regresión loxística permite relacionar variables de tipo cuantitativo ou cualitativo cunha variable de tipo lóxico como pode ser a presenza/ausencia dun determinado cambio de cuberta. Trátase dunha técnica que se engloba dentro do conxunto de modelos de cambio de uso do solo, en particular de aqueles de tipo inductivo, que teñen finalidade exploratoria e que se empregan principalmente cando o coñecemento que temos sobre o funcionamento do sistema é relativamente pequeno.

5.1. Introducción

Este capítulo aproxímase ó problema do abandono da actividade agrícola entre os anos 1956 e 2004 cunha metodoloxía habitual nos estudos de cambio de uso ou cuberta do solo (en adiante LUCC, *Land Use/Land Cover Change*) consistente en utilizar métodos estatísticos para buscar correlacións entre os cambios observados e unha ou varias variables explicativas seleccionadas de antemán. Que a metodoloxía sexa habitual non quere dicir que sexa a única posible, xa que os traballos englobados xenericamente na denominación LUCC poden cumprir diferentes cometidos dentro da investigación, en función dos cales as técnicas empregadas poden diferir significativamente. Con carácter xeral, os estudos de LUCC poden cumprir algunha ou varias das seguintes funcións (Millington 2007): (1) investigar a cantidade de cambios ocorridos, (2) investigar as posibles causas que os motivaron e (3) caracterizar as localizacións onde os cambios teñen ou tiveron lugar. Dado que as dúas primeiras cuestións xa foron tratadas no capítulo anterior, este ten por finalidade profundizar na terceira, e a distinción parécenos pertinente posto que as eventuais correlacións entre diferentes cambios de cuberta operados entre 1956-1957 e 2003 que se detecten neste traballo non deberan ser interpretadas necesariamente como representativas dun nexo causal, senón máis ben como unha guía que permita coñecer mellor a localización espacial dos cambios.

Abundando na idea anterior, é posible que o feito de analizar variables de tipo biofísico, estrutural e socioeconómico e evitar variables ligadas directamente ás explotacións poida parecer contradictorio, dado que a literatura ten establecido claramente que o proceso de abandono da actividade agrícola é resultado do peche ou contracción das explotacións e que como tal resulta dunha decisión tomada a escala da propia explotación como unidade económica. Non obstante, a experiencia demóstranos que o abandono non se distribúe de maneira homoxénea sobre o territorio, e que as características biofísicas e estruturais das parcelas individuais condicionan as posibles decisións que poden ser tomadas a nivel de explotación tanto no caso de contracción (ó deixar de utilizar determinadas parcelas e non outras) como de peche. Ademais, as características da parcela tamén condicionan a posibilidade de transacción posterior (por venda ou arrendamento) e polo tanto de continuar sendo utilizada por outra explotación cercana.

Unha vez establecido que a finalidade do traballo non é tanto buscar “causas” do proceso senón máis ben algunhas das “circunstancias facilitadoras”, cómpre dicir que a utilidade deste tipo de estudos é importante no contexto actual. En primeiro lugar dada a necesidade que existe en Galicia de delimitar os espazos agropecuario e forestal: espazos que, se ben tradicionalmente xa estiveron misturados, hoxe se distribúen dunha maneira pouco racional como consecuencia dos cambios operados en ambos sectores económicos durante as últimas décadas e de políticas como a de reforesta-

ción de terras agrarias que contribuíron a acelerar o proceso e pasaron por alto a conveniencia de ordenar a localización espacial dos diferentes usos. A regulación de áreas preferentemente forestais (actualmente e por desgracia sinónimo exclusivo de “produtoras de madeira”) e preferentemente agropecuarias non é só unha necesidade teórica senón tamén un imperativo legal (por exemplo, a efectos da Lei do Solo de Galicia) para o que non existen criterios técnicos establecidos. A falta de delimitación tamén se reflicte, por exemplo, no solape entre os diferentes departamentos da Consellería de Medio Rural e na dificultade que presenta para o personal técnico de cada un deles a toma de decisións en determinadas áreas.

Unha das ferramentas posibles para realizar esta delimitación de agropecuario *versus* forestal é a posta a punto de modelos de aptitude que identifiquen aquelas áreas potencialmente máis axeitadas para cada uso. Con frecuencia, estes modelos son alimentados mediante as estimacións (máis ou menos acertadas pero sempre suxeitas a certo grao de subxectividade) de expertos, como é o caso de algún exemplo realizado tamén na Terra Chá ([Santé Riveira & Crecente Maseda 2007](#)). A información derivada deste traballo (non só a referente ós cambios ocorridos senón tamén á propia localización da SAU de 1956) pode contribuír á alimentación deses modelos con datos procedentes da observación e complementar o coñecemento experto. A maiores, a experiencia no manexo deste tipo de información pode ser utilizada no futuro para a xeneración de escenarios que sirvan de axuda á toma de decisións políticas ([Castella et al. 2007](#), [Solecki & Oliveri 2004](#), [Verburg et al. 2004](#)).

5.1.1. Obxectivos e material

O traballo parte de información acerca da cuberta do solo na comarca da Terra Chá en 1957-1957 e 2003-2004 obtida por mostraxe e presentada no capítulo anterior, para cruzala cun número elevado de variables de tipo biofísico, estrutural e socioeconómico obtidas de diversas fontes. Os obxectivos consisten na obtención, mediante técnicas de análise estatística, de correlacións entre as variables explicativas seleccionadas, a distribución da SAU en cada un dos momentos históricos considerados, e os cambios de cuberta que afectaron á SAU: a repoboación de terras de cultivo ou prados (SAU-arborado), o abandono da terra (SAU-mato), e a roturación de áreas de mato (mato-SAU). Os modelos construídos para as correlacións mencionadas teñen unha dobre finalidade: inferir información acerca das localizacións máis probables e, nun segundo plano, elaborar hipóteses acerca das súas posibles causas. O groso do traballo está realizado co paquete estatístico libre R ([R Development Core Team 2008](#)).

5.1.2. Modelos de cambio de uso/cuberta do solo

Baixo a denominación xenérica de modelos de LUCC inclúese unha grande variedade de técnicas. Algunhas delas están preferentemente orientadas a desentrañar as forzas causantes dos cambios. Outras, polo contrario, diríxense a explorar os posibles cambios futuros a través da xeneración de escenarios que avalíen os resultados de cambios sociais, tecnolóxicos ou decisións políticas (Verburg et al. 2006, 2004). Como norma xeral, os modelos de LUCC prestan especial atención á distribución espacial das transformacións estudadas, se ben existen exemplos de modelos enfocados principalmente á predicción da taxa e magnitude total dos cambios sen atención especial á súa distribución espacial, desenvolvidos para avaliar procesos como a expansión e intensificación da agricultura no Sahel (Stéphenne & Lambin 2001) ou a destrución de bosque amazónico (Evans et al. 2001). Cando este non é o caso e a distribución espacial é parte da modelización é común que se faga certa distinción entre o cálculo da magnitude dos cambios e a súa localización propiamente dita, que usualmente se rixen por diferentes factores (aínda que algún poida ser compartido). Os factores relacionados coa localización dos cambios combínanse para dar lugar a un (sub)modelo de aptitude (*suitability map*) que pode ser obtido mediante métodos variados como sistemas expertos, análise empírica (regresión), ou transición baseada en regras de veciñanza (autómatas celulares). Os cambios preditos polo módulo “cuantitativo” do modelo serían repartidos espacialmente por este (sub)modelo de aptitude.

Unha distinción adicional pódese facer entre os modelos de aptitude que pretenden simular o funcionamento do sistema (modelos descritivos) e aqueles que buscan unha distribución optimizada dos diferentes usos para adecuarse a determinados obxectivos (modelos prescritivos). Cando a finalidade da modelización é máis descritiva que prospectiva é habitual que se utilicen modelos máis elementais como por exemplo os baseados en técnicas de regresión estatística. A limitación máis importante destes modelos é a aceptación implícita dunhas regras de cambio invariantes no tempo (o modelo é “estático”). Precisamente por esta razón a súa utilidade principal é proporcionar coñecemento acerca das forzas impulsoras dos cambios, e aínda que tamén poden ser utilizados para facer proxeccións de cambio futuro, para este fin serían preferibles modelos de tipo dinámico que deixen lugar para regras cambiantes no tempo como por exemplo CLUE (Verburg et al. 1999) ou GEOMOD (Pontius et al. 2001).

Outra das limitacións que a regresión comparte con outras aproximacións puramente empíricas como por exemplo as redes neuronais (p.ex. Pijanowski et al. 2002) é que as correlacións atopadas entre os cambios de cuberta e as variables explicativas non responden necesariamente a un nexa causal. Máis aínda, é frecuente que as variables utilizadas se seleccionen fundamentalmente con criterios de dispoñibilidade e que por esta razón non sexan

estritamente relevantes para o proceso estudiado senón, no mellor dos casos, variables *proxy* (variables que teñen escaso valor por si mesmas pero que presentan forte correlación con algunha outra, máis interesante desde o punto de vista teórico, que non está dispoñible). Trátase por tanto de modelos que xeneran coñecemento inductivo (tratan de comprender o proceso a través das pautas observadas —*process from pattern*—). En ocasións tense indicado a natureza máis interesante desde o punto de vista da solidez das conclusións dos métodos de tipo deductivo (Overmars et al. 2007, Walker & Solecki 2004). Sen embargo, o feito de que a pesar de todo os modelos de tipo inductivo continúen a ser moito máis frecuentes na literatura, débese en grande medida á inexistencia dunha teoría global, ampla e probada, que poida ser utilizada con garantías en calquera traballo de LUCC (Ramankutty 2006), e por esta razón aínda son válidas as aproximacións de natureza exploratoria para coñecer en cada caso e localización xeográfica particular os procesos existentes, as forzas que actúan sobre eles, e a rapidez con que se desenvolven.

5.1.3. A regresión loxística

Como se pode supoñer da exposición anterior, non existe un só modelo estatístico claramente superior ós demais para calquer tipo de traballo de LUCC. A elección final dun tipo de modelo depende fundamentalmente dos obxectivos da investigación, e en grande medida da dispoñibilidade de datos. Máis aínda, é posible que resulte recomendable a utilización de varios modelos diferentes para estudar as diferentes vertentes do problema en cuestión, en particular a combinación de aproximacións inductivas e deductivas: as primeiras para explorar os datos dispoñibles e propoñer variables, e as segundas para validar as hipóteses elaboradas sobre esas variables (Verburg et al. 2006). Parece razoable que este traballo comece por unha primeira fase exploratoria, de tipo inductivo, empregando técnicas estatísticas para tratar de desentrañar algunhas das relacións existentes no proceso de abandono do uso agrícola da terra. Dado que a variable resposta (cambio, categoría de uso) é cualitativa, a regresión loxística será a ferramenta empregada.

A regresión loxística é unha forma particular de modelo lineal xeneralizado (GLM, *Generalized Linear Model*), unha variante da regresión que se pode dividir en tres compoñentes (Everitt & Hothorn 2006): (1) unha variable dependente cunha distribución da familia das funcións exponenciais (normal, binomial, Poisson, gamma, ou binomial negativa), (2) un conxunto de variables independentes, e (3) unha función de enlace (*link function*) entre (1) e (2). Cando a variable resposta ou dependente é binaria o modelo utiliza como función de enlace a función *logit*, definida como o logaritmo do cociente de probabilidades (*odds ratio*). A finalidade da transformación de probabilidade a logit consiste en permitir que a variable dependente poida

tomar valores entre $-\infty$ e $+\infty$ (Menard 2001), de modo que a regresión se realiza entre o *logit* da probabilidade p dun suceso (por exemplo un determinado cambio de cuberta) e as variables (cualitativas ou cuantitativas) que se desexa, seguindo a seguinte expresión:

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \epsilon \quad (5.1)$$

onde β_i son os coeficientes de regresión e ϵ é o residuo de axuste.

5.1.4. Variables utilizadas na bibliografía

Os casos de utilización da regresión loxística para investigar as forzas impulsoras de LUCC son diversos, e esta diversidade tamén se manifesta nas variables explicativas consideradas en cada caso. En xeral, aínda que non sempre apareza reflectido de modo explícito, os investigadores tenden a escoller as variables en función do seu efecto previsible sobre os cambios que se estudian. Un caso no que esta distinción se menciona explicitamente é o de Gellrich et al. (2006), que para estudar o abandono da actividade agrícola na montaña suíza divide as variables en (1) relacionadas cos beneficios económicos (p. ex. radiación solar, profundidade do solo) e (2) relacionadas cos custos (p. ex. pedregosidade, pendente). Por outra parte tamén é certo que na maioría dos casos os autores tenden a incluír unha mistura de variables de natureza biofísica, socioeconómica ou estrutural na elección das cales a dispoñibilidade parece xogar un papel fundamental. Unha recopilación das variables incluídas en diferentes traballos de LUCC que utilizaron regresión loxística preséntase nas táboas 5.1 e 5.2. Como se pode apreciar nas táboas as variables biofísicas máis comúns son a altitude e pendente, que aparecen en practicamente tódolos traballos, seguidas da radiación solar teórica e a orientación. Destaca o feito de que variables máis difíciles de obter, como por exemplo as relacionadas coas características edáficas aparecen nun número moito menor de traballos. Algo similar sucede coas variables estruturais, entre as que as máis comúns son a distancia a vías de comunicación e a distancia a núcleos de poboación, mentres que variables máis difíciles de obter como a distancia da parcela ata a vivenda do propietario só aparecen nun traballo concreto no que a superficie de estudio é relativamente reducida e a estrutura de poboación simple (Overmars et al. 2007). Entre as variables socioeconómicas, finalmente, destacan pola súa frecuencia de aparición a evolución da poboación total e a evolución da poboación activa mentres que outras (de novo máis difíciles de obter) como o prezo da terra, ou a evolución da cabana gandeira, por exemplo, aparecen de modo puntual. En todo caso convén recordar que en cada un dos grupos probablemente exista unha parte de variables que se atopan correlacionadas entre si; este feito, unido ó risco de saturar o modelo con demasiadas variables (*model overfitting*) fai que sexa suficiente e incluso recomendable utilizar só aquelas consideradas

máis importantes.

5.2. Metodoloxía

5.2.1. Variables recopiladas

O criterio utilizado para recopilar variables foi o de incluír, ata onde fose posible, o maior número de variables utilizadas na bibliografía. O límite veu dado pola dificultade de obter algunhas delas. Por exemplo, dentro do grupo de variables biofísicas non incluimos as variables edáficas, xa que non existe para a zona de traballo unha fonte de información coa escala axeitada: o mapa de solos de Galicia, actualmente en execución, aínda non cubre a provincia de Lugo ([Sistema de Información Ambiental de Galicia 2009](#)). Noutros casos optamos por incluír algunha variable non mencionada na bibliografía sobre LUCC acerca das que outros traballos teñen demostrado a relación coa evolución do uso agrícola. Este é o caso, por exemplo, da concentración parcelaria: os estudos realizados sobre esta cuestión mostran que nas áreas concentradas é maior a tendencia a manter a actividade agrícola ([Crecente Maseda et al. 2002](#), [Miranda Barrós et al. 2006](#)). Agora ben, incluír esta variable choca coa dificultade de que non existe unha única fonte cartográfica que inclúa os límites das áreas de concentración, e por suposto non en formato dixital. Para salvar esta dificultade optouse por incluír a variable a nivel parroquial, e así tomamos do traballo de [Miranda Barrós \(2001\)](#) a proporción da superficie parroquial afectada por concentración ata o ano 2001. Outra variable incorporada é a referente ás áreas afectadas polos traballos do Instituto Nacional de Colonización durante os anos 50 e 60: a pertencencia ou non a unha das áreas de colonización foi incluída como variable xa que existen motivos para pensar que tamén nestes casos a permanencia da actividade agrícola debeu ser superior. Finalmente, incluimos unha variable adicional relacionada co tipo de propiedade a través da pertencencia ou non a un monte veciñal en man común (MVMC), así como algunhas variables relativas á parcela individual: a superficie total e o seu índice de forma (relación entre área e perímetro), ou a adxacencia a vías de comunicación (táboa 5.3).

Como se pode apreciar na táboa 5.3, as fontes de información utilizadas foron diversas, e aínda que algunhas das variables foron tomadas directamente da fonte orixinal, a grande maioría foi obtida mediante cálculos específicos e posteriormente cruzadas cos 7274 puntos de mostraxe existentes utilizando o sistema de información xeográfica GRASS v. 6.3 ([GRASS Development Team 2008](#)). Entre as variables biofísicas, por exemplo, as variables topográficas (pendente, orientación) foron derivadas directamente dun modelo dixital de elevacións (MDE) a escala 1:5.000. O mesmo MDE tamén foi utilizado como base para o cálculo da radiación solar teórica nos días 21 de xuño e 21 de decembro mediante o módulo de GRASS *r.sun* ([Neteler & Mitasova 2004](#)). Os cálculos máis complexos dos realizados corresponden

Táboa 5.1. Variables atopadas en estudos de LUCC (1)

Variables	Autor(es) *
Biofísicas	
Altitude	1, 2, 4, 5, 8, 9, 11
Pendente	2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11
Orientación	6, 9, 10
Graos-día anuais	3
Temperatura media anual	6, 11
Temperatura media das mínimas	11
Temperatura media das máximas	11
Radiación solar teórica	3, 8, 9, 10
Precipitación anual media	3, 11
Evapotranspiración potencial	3
Distancia a manchas de arborado	2, 3
Sustrato xeolóxico	2, 11
Profundidade do solo	3, 10
Pedregosidade do solo	3
Tipo de solo	10
Drenaxe e réxime de humidade do solo	9
Distancia a cursos de auga	6, 7
Uso actual	2, 6
Aptitude agrolóxica	6
Estruturais	
Distancia a vías de comunicación	5, 6, 10
Distancia a núcleos de poboación	2, 3, 5, 6
Distancia a edificacións	3
Número medio de parcelas por explotación	2, 3, 11
Superficie total media por explotación	3, 11
Distancia á vivenda do propietario	7
Distancia ata o mercado	7
Tempo de acceso (en tractor / a pé)	4
Socioeconómicas	
Evolución da poboación	3, 5, 6
Poboación activa no sector primario	2, 3, 6, 11
Evolución do número de explotacións	3
Tipoloxía de propietario	10
Idade media dos propietarios	6, 11
Forma de tenencia da terra	4
Prezo da terra	11
Evolución da cabana gandeira	11

* Os números de autores fan referencia á táboa 5.2

Táboa 5.2. Clave de autores para a táboa 5.1

	Autor(es)	Proceso estudado
1	Taillefumier & Piégay (2003)	Abandono da actividade agrícola
2	Kobler et al. (2005)	Abandono da actividade agrícola
3	Gellrich et al. (2006)	Abandono da actividade agrícola
4	Mottet et al. (2006)	Intensificación / extensificación do cultivo
5	Vagen (2006)	Deforestación e intensificación do cultivo
6	Millington (2007)	Abandono da actividade agrícola
7	Overmars et al. (2007)	Evolución de diferentes cultivos
8	Pueyo & Beguería (2007)	Abandono da actividade agrícola
9	Tasser et al. (2007)	Abandono da actividade agrícola
10	van Doorn & Bakker (2007)	Abandono da actividade agrícola
11	Serra et al. (2008)	Evolución de diferentes cultivos

ás variables climáticas de precipitación e temperatura. Para obter mapas continuos destas variables que puideran cruzarse cos puntos de mostraxe partimos dos datos de estacións de observación contidos no Atlas Climático de Galicia (Martínez Cortizas & Pérez Alberti 1999) e na base de datos do antigo Instituto Nacional de Meteorología (2000), e sobre eles realizouse unha interpolación tridimensional mediante o módulo de GRASS *v.vol.rst*.¹ O resto de variables estruturais e biofísicas derivouse das bases de datos existentes no grupo de investigación, do Sistema de Información Territorial de Galicia (SITGA), e do mapa parcelario do Sistema de Información de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) do Ministerio de Agricultura. Polo demais, as variables de “distancia a” foron derivadas da base de datos cartográfica do grupo de investigación. Interésanos destacar a variable “distancia a outras edificacións”, que se deriva dun mapa que contén edificacións con uso diferente do residencial. Aínda que se trata dunha categoría bastante diversa a maioría das edificacións cartografiadas corresponden a edificacións auxiliares á explotación agrícola e/ou gandeira, razón pola que cremos razoable utilizar esta variable como aproximación da distancia á explotación máis próxima.

A incorporación de variables socioeconómicas introduce algún problema metodolóxico adicional: se ben é certo que algunhas das variables incluídas nos dous grupos anteriores (biofísicas e estruturais) non están libres de variacións asociadas ó paso do tempo, certamente pódese asumir nelas certa estabilidade. Incluso no caso das variables estruturais, onde esta variación pode ser máis forte —e en moitos casos foino con seguridade—, a inclusión da concentración parcelaria como variable (unha das accións que máis modifican a estrutura) permite integrar estas variacións con certa facilidade. Esta

¹O método de interpolación empregado para a xeneración de cartografía climática detállase no apéndice A.

Táboa 5.3. Variables recopiladas

Variabes	Orixe dos datos
Biofísicas	
Altitude (m)	MDE 1:5.000 ^a
Pendente (%)	MDE 1:5.000 ^b
Orientación (E=0°, N=90°)	MDE 1:5.000 ^b
Precipitación anual (mm)	Atlas climático de Galicia ^b
Precipitación estival (mm)	Atlas climático de Galicia ^b
Temp. media anual (°C)	Atlas climático de Galicia ^b
Temp. media das mínimas do mes máis frío (°C)	Bases de datos INM ^b
Temp. media das máximas do mes máis cálido (°C)	Bases de datos INM ^b
Radiación solar teórica no solsticio de verán (Wh/m ²)	MDE 1:5.000 ^b
Radiación solar teórica no solsticio de inverno (Wh/m ²)	MDE 1:5.000 ^b
Sustrato xeolóxico	Bases de datos SITGA ^a
Adxacencia a cursos de auga	Parcelario SIGPAC ^b
Estruturais	
Distancia a entidades de poboación (m)	Bases de datos LaboraTe ^b
Distancia a vivendas familiares (m)	Bases de datos LaboraTe ^b
Distancia a outras edificacións (m)	Bases de datos LaboraTe ^b
Distancia a vías de comunicación (m)	Bases de datos LaboraTe ^b
Adxacencia a vías de comunicación	Parcelario SIGPAC ^b
Áreas de colonización do antigo INC	Bases de datos LaboraTe ^a
Montes veciñais en man común	Bases de datos LaboraTe ^a
Superficie total da parcela (m ²)	Parcelario SIGPAC ^a
Índice de forma (adimensional)	Parcelario SIGPAC ^{b,c}
Sup. parroquial concentrada (%)	Miranda Barrós (2001) ^a
Socioeconómicas	
Ev. da poboación total 1950-2001 (%)	Censos de poboación ^b
Ev. do número de explotacións 1962-1999 (%)	Censos agrarios ^b

^a Directamente da fonte orixinal^b Elab. propia a partir da fonte orixinal^c Calculado como $i.\text{forma} = 4\sqrt{\text{Sup.total}}/\text{Perimetro}$

pequena disgresión metodolóxica faise máis aceptable se consideramos que os factores biofísicos e estruturais non son estritamente causas dos cambios que intentamos estudar senón “facilitadores”, e que polo tanto as variacións que puideran ter lugar ó longo do período estudiado probablemente actuaron en diferentes sentidos e non terían por que inducir sesgo nos resultados. Sen embargo no caso dos factores socioeconómicos a relación causa-efecto é máis obvia, complicada pola existencia dun desfase temporal de magnitude descoñecida entre os cambios socioeconómicos e a súa manifestación na variación da cobertura do terreo. Por esta razón algúns autores ([Gellrich et al. 2006](#)) manteñen, con criterio que nos parece acertado, que as variables socioeconómicas a incluír no modelo deben de corresponder ó período temporal inmediatamente anterior ó estudiado. Pero manter este criterio neste caso faise difícil por canto o período estudiado ten como data de inicio o ano 1956 e os datos estatísticos da época son cando menos escasos, e en xeral non están dispoñibles coa desagregación espacial que sería necesaria. Unha solución de compromiso consiste en utilizar a variación temporal das variables durante o período estudiado: aínda que esta aproximación fai imposible suxerir relacións de causalidade, si permitiría cando menos establecer relacións entre a dinámica das cubertas do solo e as variables socioeconómicas. As variables seleccionadas son a variación da poboación municipal durante o período 1950-2001 e a variación do número de explotacións censadas (tamén a nivel municipal) nos censos agrarios de 1962 e 1999 ([Instituto Nacional de Estadística 1964, 2008b](#)).

5.2.2. Análise de correlación entre variables

As variables seleccionadas foron sometidas a análise para evitar a introdución de multicolinearidade nos modelos de regresión, dado que a correlación entre variables explicativas (colinearidade) afecta negativamente á fiabilidade dos coeficientes que resultan do axuste. Algúns dos métodos propostos para detectar a presenza de colinearidade son o axuste de modelos de regresión lineal entre pares de variables ([Menard 2001](#)) ou o uso dalgún coeficiente de correlación como o de Pearson ([Millington et al. 2007](#)). Neste caso optamos por utilizar o coeficiente de correlación non paramétrico ρ de Spearman, para avaliar por separado a correlación entre variables biofísicas (táboa 5.4) e estruturais (táboa 5.5). A elección do coeficiente de Spearman derívase de que a distribución das variables orixinais non segue unha distribución normal: a aplicación do test de normalidade de Shapiro-Wilk obriga a rexeitar a hipótese de normalidade en tódolos casos (táboa 5.6). En principio, valores de ρ maiores de 0,5 ou inferiores a -0,5 indican certo grao de correlación, se ben non existe consenso en canto a que valor do coeficiente pode ser considerado representativo dunha correlación “forte” e calquera elección ó respecto é claramente arbitraria. Aínda que algúns autores optan por eliminar variables con coeficientes de correlación superior a 0,5 ([Milling-](#)

ton et al. 2007), neste traballo optamos por tomar un valor relativamente conservador (0,8) para evitar eliminar da análise demasiada información, aínda a risco de introducir certa colinearidade nos modelos. En consecuencia, descartamos da análise as variables *P estival* (fortemente correlacionada con *P anual*), *T media* (relacionada con *Altitude*), *T mmaxmq* (relacionada con *T mminmf* e moi próxima a *Altitude*), e os dous índices de Emberger e Giacobe (correlacionados entre si e coas variables de precipitación). Entre as variables estruturais, polo contrario, non atopamos correlacións que xustifiquen a exclusión de ningunha delas.

Táboa 5.4. Correlación entre as variables biofísicas cuantitativas *

	Pendente	Orientac	P anual	P estival	T media	T mminmf	T mmaxmq	Sol172	Sol355	Emberger	Giacobe
Altitude	0,62	0,01	0,68	0,61	-0,94	0,58	0,77	-0,26	0,04	0,56	0,54
Pendente		-0,03	0,48	0,43	-0,56	0,42	0,46	-0,65	-0,02	0,41	0,39
Orientac			0,00	-0,01	-0,02	0,04	0,02	0,46	0,73	-0,01	-0,01
P anual				0,98	-0,50	0,30	0,29	-0,23	0,00	0,99	0,97
P estival					-0,43	0,21	0,21	-0,21	0,00	0,98	1,00
T media						-0,45	-0,70	0,20	-0,07	-0,36	-0,35
T mminmf							0,82	-0,26	0,02	0,19	0,15
T mmaxmq								-0,23	0,04	0,14	0,13
Sol172									0,58	-0,21	-0,19
Sol355										-0,01	0,00
Emberger											0,99

* Coeficiente de correlación ρ de Spearman. En negrita os valores superiores a 0,8.

Táboa 5.5. Correlación entre as variables estruturais cuantitativas *

	Dist vivendas	Dist outrasedif	Dist estradas	Superficie	índice forma
Dist entidades	0,45	0,73	0,60	0,45	-0,11
Dist vivendas		0,57	0,45	0,43	-0,11
Dist outrasedif			0,65	0,40	-0,10
Dist estradas				0,36	-0,10
Superficie					-0,08

* Coeficiente de correlación ρ de Spearman.

5.2.3. Análise de autocorrelación

Dise que unha variable distribuída espacialmente presenta autocorrelación cando puntos de mostraxe cercanos entre si tenden a presentar valores similares. Se unha variable presenta un valor elevado de autocorrelación, a hipótese de independencia dos datos introducidos na regresión resulta comprometida e por extensión tamén os coeficientes resultantes da análise. Para medir o grao de correlación das variables consideradas utilizamos o coeficiente de autocorrelación I de Moran, calculado mediante o paquete “spdep” para R (Bivand et al. 2008). O coeficiente I toma (normalmente) valores entre -1 e 1 e pode ser interpretado de maneira similar a outros coeficientes de correlación: valores próximos a 1 indican autocorrelación positiva (a variable tende a presentar valores similares en localizacións próximas entre si), valores próximos a -1 indican autocorrelación negativa (zonas próximas presentan diferencias maiores entre si que coas situadas a distancias medias) e valores próximos a 0 indican unha distribución espacial completamente aleatoria. Pese ó que se puidera supoñer, o valor esperado de I baixo a hipótese nula de non autocorrelación non é igual a cero senón que ven dado por $I_0 = -1/(n-1)$, onde n é o número de observacións, e neste caso toma o valor $I_0 = -1/(7274-1) = -0,000137$ (Cliff & Ord 1981).

A ecuación que permite calcular I é (Bivand et al. 2008):

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.2)$$

onde n é o número total de observacións, x_i e x_j son observacións veciñas, w_{ij} é un peso asignado en función da proximidade entre as observacións i e j e S_0 é o sumatorio de w_{ij} . Como se pode observar na táboa 5.6 tódalas variables numéricas utilizadas presentan algún grao de autocorrelación positiva.

A presenza de autocorrelación nalgunha ou varias das variables independentes da regresión (unha situación típica cando a escala orixinal é máis grosa que a do estudio, como é o caso das variables climáticas e socioeconómicas deste traballo) vai en contra da condición de independencia entre os datos: cada observación adicional incorpora menos información da esperada xa que é parcialmente predicible a partir das observacións veciñas. Dado que o número de graos de liberdade reais é menor do esperable o axuste do modelo mellora artificialmente e os coeficientes das variables explicativas identifícanse como significativos con excesiva facilidade (Cliff & Ord 1981). Nesas circunstancias o problema tamén pode ser detectado a través da existencia de autocorrelación nos residuos de axuste (Anselin 2002).

As dúas opcións posibles para reducir a influencia da autocorrelación son incrementar a distancia entre os puntos da mostra (por exemplo, como fan

Táboa 5.6. Estatísticos descritivos das variables explicativas seleccionadas

Variable	Mín	Media	Máx	D. típica	SW ^a	I ^b
Altitude (m)	274	516	1017	107	0,927	0,707
Pendente (%)	0,0	11,5	100,0	11,6	0,958	0,385
Orientación (°)	0	194	360	103	0,954	0,021
P anual (mm)	952	1183	1489	142	0,948	0,953
T mminmf (°C)	1,2	2,4	3,3	0,37	0,947	0,844
Sol 172 (wh/m ² -dia)	711	7666	7873	547	0,518	0,196
Sol 355 (wh/m ² -dia)	0	1543	4490	633	0,963	0,024
D entidades (m)	0	547	3774	463	0,858	0,068
D vivendas (m)	0	1090	7865	1174	0,964	0,362
D outras edif (m)	0	321	3321	314	0,938	0,107
D estradas (m)	0	321	3620	413	0,974	0,112
D explotación (m)	11	963	6933	1192	0,992	0,453
Sup parcela (m)	68	181700	7451000	676404	0,966	0,174
Índ forma	0,00	0,78	1,09	0,18	0,931	0,049
Prop concentrac (%)	0,0	12,8	100,0	30,4	0,465	0,752
Ev explotacións (%)	-42	-33	-25	5,3	0,887	0,783
Ev poboación (%)	-65	-38	-21	13,5	0,850	0,751

^a Test de normalidade de Shapiro-Wilk sobre unha mostra aleatoria de 1000 puntos extraídos da mostra inicial. Nivel de significación $p < 0,001$ en tódolos casos (o test obriga a rexeitar a hipótese de normalidade).

^b Coeficiente de autocorrelación I de Moran. Nivel de significación $p < 0,001$ en tódolos casos.

Millington et al. 2007) ou modificar o modelo de regresión para que poida incorporar os seus efectos (Cliff & Ord 1981). Un exemplo da segunda opción é un modelo con compoñente autorregresiva, definido de modo xenérico pola expresión:

$$y = \rho wy + \beta_i x_i + \epsilon \quad (5.3)$$

onde a única diferenza co modelo loxístico definido na ecuación 5.1 é a inclusión dun termo adicional ρwy composto por un coeficiente de regresión ρ e unha autocovariable wy . Esta última é o resultado de calcular, para cada punto de mostraxe, a suma dos valores da variable resposta y nos puntos veciños, ponderada polo inverso da distancia ó punto analizado. O valor da autocovariable en cada caso tamén foi obtida mediante o paquete “spdep” para R.

5.2.4. Axuste dos modelos

A partir das variables seleccionadas realizouse o axuste de cinco modelos de regresión loxística. Co fin de que os coeficientes de regresión calculados para as diferentes variables foran estandarizados e polo tanto comparables entre si, as variables numéricas foron normalizadas restando a cada unha a media e dividindo pola desviación típica antes de entrar no axuste. A vantaxe

de traballar con coeficientes normalizados radica en que é posible comparalos entre si para obter unha idea da importancia relativa de cada variable no resultado final: o valor do coeficiente mide cantas desviacións estándar na variable dependente (logit) están asociadas a 1 desviación estándar dunha variable independente (Menard 2001).

Dos cinco modelos totais, dous modelos foron orientados a caracterizar a localización da SAU en cada un dos puntos no tempo (1956-1957 e 2003-2004), no primeiro dos cales excluimos as variables “variación da poboación” e “variación do número de explotacións” porque se refiren a un intervalo temporal posterior ó momento analizado. Os tres modelos seguintes céntranse en cambios de cuberta concretos, de SAU en 1956 a mato en 2003, de SAU a arborado e de mato a SAU, e representan respectivamente 1) o abandono total da terra, 2) o abandono da actividade agrícola e a súa substitución por repoboación forestal e 3) a roturación de terras a mato para uso agrícola. Do total de puntos dispoñibles para o axuste, excluimos os que correspondían a cubertas artificiais (vías, edificacións) en 1956 para a caracterización da SAU dese mesmo ano (en total o modelo axustouse sobre 7100 puntos). No modelo correspondente á SAU de 2003 utilizouse o mesmo criterio (6962 puntos en total). Nos tres últimos modelos o número de puntos corresponde ó total de puntos identificados como SAU en 1956 (3312 puntos) para as transicións SAU-mato e SAU-arborado, e os identificados como mato en 1956 (3250 puntos) no caso restante.

Para estimar a bondade de axuste dun modelo de regresión loxística existen múltiples alternativas posibles, entre elas un bo número de equivalentes do coeficiente R^2 da regresión lineal (Menard 2001). Agora ben, dada a natureza discreta das variables modelizadas, un aspecto máis interesante é a frecuencia coa que o modelo predí correcta ou incorrectamente o valor real da variable dependente (Menard 2001). É dicir, con que frecuencia o modelo predí cambios que non se producen na realidade, cambios que se producen ou as situacións inversas. Esta información pode presentarse na forma de táboas de clasificación ou sinteticamente a través de dous parámetros: a porcentaxe de “presencias” e “ausencias” correctamente preditas (“*sensitivity*” e “*specificity*” respectivamente en Rossiter & Loza 2008). Tendo en conta que o que o modelo produce son probabilidades e que estas deben ser comparadas con situacións reais de “presencia” ou “ausencia”, é necesario utilizar un umbral que estableza cando o modelo predí “presencia” e cando “ausencia”: o habitual é utilizar o umbral $p = 0,5$, pero calquera outro tamén podería ser utilizado coa conseguinte variación nos acertos correspondentes. Para evitar a ambigüidade inherente á elección dun umbral, a bondade do modelo pode ser avaliada a través da área baixo a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), unha representación da proporción de “presencias” acertadas fronte á proporción de “presencias” preditas de modo erróneo para diferentes valores do umbral (ver como exemplo a figura 5.1). A área baixo a curva ROC (figura 5.2) toma valores entre 0 e 1 e compárase

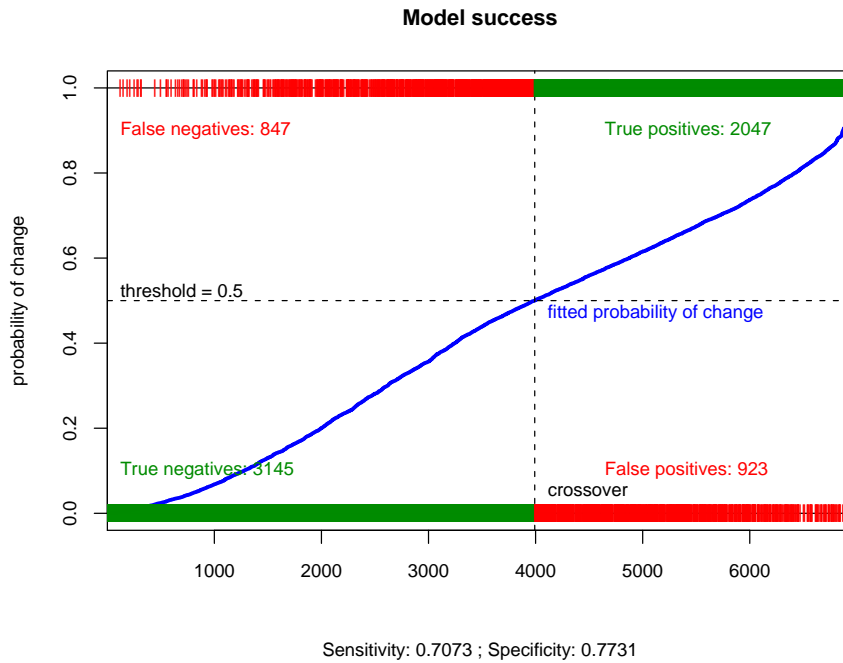


Figura 5.1. Presentación dos resultados da regresión loxística (1). O modelo presentado corresponde ó axuste da presenza de SAU en 2003. A gráfica ordena os puntos de mostraxe de menor a maior probabilidade do suceso estudado (neste caso, a existencia de SAU en 2003), e permite apreciar o número de acertos e erros de predición para un determinado umbral de corte (*threshold*) que neste caso toma un valor de 0,5. O modelo da gráfica predí correctamente a existencia de SAU nun 70 % dos casos (*sensitivity*) e a ausencia de SAU nun 77 % dos casos (*specificity*) (Elab. propia tomando o modelo proposto por [Rossiter & Loza 2008](#)).

coa área baixo a diagonal, que representa a probabilidade de acertos dun modelo ó azar e ten un valor de 0,5. Aínda que non existe un criterio único para a avaliación da bondade deste parámetro unha referencia válida é a de [Lesschen et al. \(2005\)](#), que considera aceptable para un estudio de LUCC o valor de 0,7.²

5.3. Resultados e discusión

Os resultados do axuste dos diferentes modelos aparecen resumidos na táboa 5.7: a táboa mostra os coeficientes calculados para as variables que foron identificadas como significativas para o nivel de significación de 0,05 e inclúe tamén entre parénteses os coeficientes que presentaron un nivel de

²No apéndice B inclúense diferentes figuras de axuste dos modelos de regresión e diagramas condicionais que permiten relacionar as variables explicativas cos cambios de cuberta.

Táboa 5.7. Resumo de resultados

Variables ^a	Modelo				
	SAU56	SAU03	SAU-Mato	SAU-Arborado	Mato-SAU
(Intercept)	-0,20	-0,71	-1,61	-1,21	-1,71
altitude		0,21	0,33	-0,45	(0,18)
pendente	-0,62	-0,96	0,34	0,97	-1,01
orientac					
p anual		(0,10)			(0,18)
t mminmf					
sol172	-0,30			0,57	(-0,32)
sol355	0,17	0,25		-0,31	0,34
xeoloxía					
adx auga		0,26	-0,45		0,34
superficie	-0,23	0,13	-0,34	(-0,26)	
i.forma	0,12	0,11		(0,09)	0,23
d.entidades	-0,52	-0,39	0,41		
d.vivendas					
d.outrasedif	-0,32	-0,69	0,38	0,62	-0,39
d.estradas	-0,19	(-0,13)			-0,21
adx.vias	(-0,12)				0,45
colonización	-0,95	1,55			1,25
mvmc	-0,46	-0,59			-0,48
prop.cp	NA ^b	0,12		-0,18	0,12
var.pob	NA				
var.explot	NA	0,10	(-0,12)		0,26
Autocovariable	0,53	0,56	0,28	0,41	0,59
Área baixo curva ROC	0,7901	0,8224	0,7208	0,7183	0,8238

^a Preséntanse os coeficientes das variables significativas en cada modelo ($p < 0,05$). Os coeficientes con significación $0,05 < p < 0,10$ aparecen entre parénteses.

^b Non avaliado.

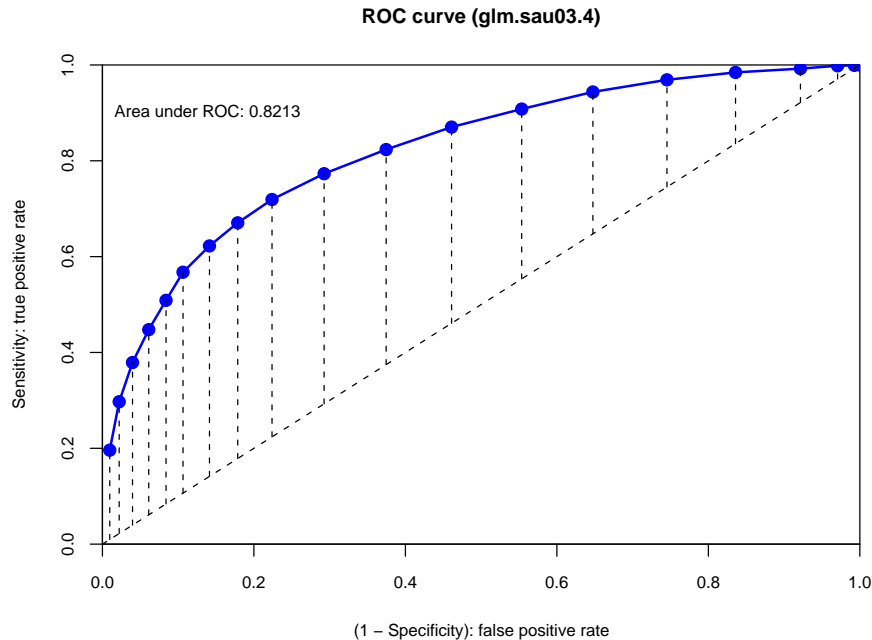


Figura 5.2. Presentación dos resultados da regresión loxística (2). Curva ROC para o axuste da presenza de SAU en 2003. A curva presenta a relación entre a porcentaxe acumulada de falsos positivos (abscisas) e a porcentaxe acumulada de verdadeiros positivos (ordenadas) preditos polo modelo. A diagonal representa un modelo aleatorio (a probabilidade de acertar é a mesma que de non acertar). Canto mellor é a capacidade de predición do modelo máis se alonxa a curva respecto da diagonal, e a área baixo a curva faise máis próxima a 1. (Elab. propia tomando o modelo proposto por [Rossiter & Loza 2008](#)).

significación entre 0,10 e 0,05. En xeral pódese dicir que o axuste dos modelos é bo: o valor da área baixo a curva ROC oscila entre valores aceptables e bos para este tipo de estudos (de 0,70 a 0,82) similares ós obtidos por outros autores ([Brammoh & Onishi 2007](#), [Gellrich et al. 2006](#), [Serra et al. 2008](#)). Outro aspecto a resaltar dos cinco modelos é o valor positivo do coeficiente correspondente á autocovariable, o que confirma que os cinco fenómenos estudados tenden a aparecer agrupados á escala de mostraxe utilizada neste traballo (500 m). Tamén interesa resaltar que só dúas variables aparecen como significativas ($p < 0,05$) nos cinco modelos: a pendente do terreo, e a distancia a outras edificacións.

Ollando para os coeficientes pódense apreciar varias similitudes entre os modelos axustados para a SAU de 1956 e 2003. En ambos casos a variable máis influínte no resultado é a pertencencia a zonas de colonización do INC, se ben en sentido oposto en cada ano: a presenza de SAU nas actuais áreas

de colonización era menos probable que no resto do territorio en 1956 pero máis en 2003, o que era de esperar dado que se trataba de áreas de monte veciñal con aproveitamento principal de toxo e que non foron ocupadas polos primeiros colonos ata 1959 (Cardesín Díaz 1987). A segunda variable por orde de influencia é a pendente, que en ambos casos actúa en sentido negativo, tamén de acordo co esperable (menor probabilidade de presenza de SAU conforme a pendente se incrementa). A distancia a entidades de poboación e a pertencencia a MVMC sitúanse a continuación, ambas con influencia negativa. Unha variable que actúa en sentido contrario ó que inicialmente sería esperable é a superficie da parcela, pero é relativamente fácil de comprender se temos en conta que as parcelas de maior tamaño corresponden ós montes veciñais. Das variables socioeconómicas utilizadas para caracterizar a SAU de 2003 a variación de poboación non aparece como significativa pero si a variación no número de explotacións. En resumo, un intento de interpretación dos coeficientes calculados daría unha visión da SAU de 1956 acorde coa que se espera: presente fundamentalmente en áreas de baixa pendente, parcelas de pequeno tamaño pero boa forma e facilmente accesibles (preto de entidades de poboación, das edificacións das explotacións e das estradas) e fóra das áreas comunais (que serían utilizadas preferentemente para mato e estivadas). Unha situación similar ocorrería coa SAU de 2003 coa salvedade de que aquelas áreas de monte comunal ocupadas polas áreas de colonización son agora preferentemente utilizadas como SAU.

Os modelos de cambio entre 1956-2003, pola súa parte, mostran diferentes variables significativas en cada caso. A transición de SAU a mato, indicativa de abandono da terra, aparece favorecida pola maior altitude, pendente, distancia a entidades de poboación e distancia a outras edificacións, mentres que a adxacencia a cursos de auga ou a maior superficie das parcelas actuarían en sentido contrario. Destes resultados parece razoable inferir que o abandono da terra tivo lugar preferentemente nas parcelas de máis difícil mecanización (reflectida por unha maior pendente) e máis afastadas (maior altitude, distancia desde os poboamentos e distancia desde as explotacións). O feito de que a variable “superficie” actúe aquí no sentido esperado en comparación co modelo da SAU de 1956 (parcelas de maior superficie manteñen con maior probabilidade a actividade agrícola) explícase porque —ó contrario que neste último— ó modelizar o abandono a mostra está limitada ós puntos que eran SAU en 1956.

O segundo cambio modelizado é a repoboación de terras agrícolas (SAU-arborado). Igual que o abandono da terra, a repoboación aparece asociada ás zonas de maior pendente e distancia ata as explotacións pero, en contraste con aquel, a influencia das variables altitude é agora oposta e suxire que a repoboación se concentrou en áreas relativamente baixas. Tamén destaca que a distancia a entidades de poboación non é agora significativa, pero si a proporción de superficie parroquial concentrada. De acordo cos resultados a repoboación de terras agrícolas tivo lugar preferentemente en áreas difí-

ciles de mecanizar e afastadas das explotacións, pero non necesariamente afastadas das entidades de poboación nin de moita altitude.

O último cambio modelizado é a roturación de terras para uso agrícola (mato - SAU). Como sería esperable a resposta das variables significativas é en grande medida oposta ás detectadas nos outros dous cambios modelizados. En primeiro lugar, a pendente actúa neste caso en sentido negativo, indicando que a roturación tivo lugar fundamentalmente en áreas de máis fácil mecanización. A accesibilidade (distancia a estradas, adxacencia a vías), a proximidade ás explotacións (distancia a outras edificacións), a produtividade (insolación de inverno —sol355— e adxacencia a cursos de auga), e a forma da parcela, tamén aparecen como factores significativos. A maiores, as áreas roturadas aparecen asociadas preferentemente ás zonas de colonización e ás parroquias con maior porcentaxe de superficie concentrada, mentres que evitan a propiedade veciñal. Das variables socioeconómicas aparece como significativa a variación do número de explotacións, de xeito que a roturación aparece vinculada preferentemente ós concellos que perderon menos explotacións no período.

5.4. Conclusións

O traballo que vimos de presentar mostra a aplicación con éxito de técnicas de correlación estatística para obter información sobre a natureza e forzas impulsoras dos cambios da cuberta do solo. A natureza fundamentalmente exploratoria do traballo reflíctese tanto na propia elección do método, de natureza inductiva, como na elección das variables sometidas a análise, seguindo as empregadas noutros traballos similares e cun criterio relativamente oportunista (bastante común, por outra parte) de facilidade de obtención. Non obstante, os resultados mostran modelos con bondades de axuste que están en consonancia co observado na bibliografía, e as variables identificadas como significativas en cada caso, así como o sentido da súa influencia, están en xeral de acordo coa experiencia e cos dictados do sentido común.

En primeiro lugar, o traballo confirma o papel fundamental de dúas variables biofísicas, pendente e altitude, nas transformacións da cuberta do solo durante o período estudiado, seguidas da radiación solar teórica. Outras variables biofísicas comunmente utilizadas tanto en traballos de LUCC como na elaboración de modelos de aptitude da terra como a orientación do terreo ou as variables climáticas de precipitación e temperatura non parecen xogar un papel relevante nesta zona de traballo. En segundo lugar, destaca a utilidade da variable “distancia a outras edificacións” (é dicir, edificacións non destinadas a vivenda) como un bo indicador da distancia ás explotacións existentes na zona e como unha variable de relevancia á hora de explicar os cambios ocorridos, así como a adecuada detección dos efectos da concentración parcelaria. En último lugar, a pesar dos problemas de escala presentes

nas variables socioeconómicas (derivados da súa agregación espacial a nivel municipal), o traballo confirma a importancia que ten a variación do número de explotacións (en concreto sobre a maior taxa de roturación e menor taxa de abandono nos concellos onde o número diminuíu menos) e a escasa relevancia da variación da poboación total (que pode deberse a factores moi diferentes e alleos ó sector agrario).

Os resultados suxiren que o cese da actividade agrícola tivo lugar preferentemente nas áreas máis difíciles de mecanizar (pola maior pendente) e máis alonxadas das explotacións, e que este deu paso a dous usos diferentes en función do carácter máis ou menos remoto: nas áreas de maior altitude e máis afastadas dos núcleos de poboación o cesamento da actividade sería total e permitiría a expansión do mato, mentres que nas áreas de menor altitude os propietarios optarían fundamentalmente pola repoboación forestal. As razóns que explicarían este comportamento non son fáciles de propoñer, pero poderían ter relación cun relativo esquecemento das áreas máis remotas, cos custos asociados á plantación en áreas de difícil acceso, ou cunha visión das plantacións forestais excesivamente produtivista e a curto prazo que concentrou a repoboación nas terras máis accesibles e máis aptas para as especies de crecemento rápido.³

A transición de sentido oposto, a roturación de áreas a mato para o seu uso agrícola, tamén estaría gobernado en parte pola pendente e a distancia ás explotacións: roturaríanse preferentemente as parcelas de máis fácil mecanización e máis próximas á explotación. Non obstante, a diferenza do abandono total, destaca neste caso a importancia de variables relacionadas coa produtividade (adxacencia a cursos de auga, insolación, índice de forma) e a accesibilidade das parcelas (adxacencia a vías, distancia a estradas). É dicir que se o abandono a mato tería lugar fundamentalmente por criterios de mecanización e distancia, os propietarios non tomarían a decisión de roturar unha parcela (un importante esforzo económico nalgúns casos) simplemente por estes dous criterios senón tamén pola rendibilidade futura que proporcionaría, de modo que as parcelas roturadas serían convenientemente seleccionadas por criterios de forma e acceso.

Finalmente é necesario destacar a utilidade dos modelos con compoñente autorregresiva para evitar os efectos indesexados da autocorrelación nas variables explicativas utilizadas. O seu emprego permitiu non só confirmar a correlación espacial dos procesos estudados (a través dos coeficientes calculados para a autocovariable introducida na regresión) senón tamén, e sobre todo, obter estimacións máis fiables de cales son as variables significativas en cada caso e dos seus coeficientes. A correcta identificación das variables relevantes e da súa influencia sobre os cambios ocorridos poderá ser utiliza-

³Esta opinión apóiamola na grande importancia de *Eucalyptus globulus* e *Pinus radiata* no incremento do arborado na comarca: ambas especies atoparíanse lonxe da súa estación óptima de ser plantadas nas áreas máis elevadas e inaccesibles da serra do Xistral, por exemplo.

da posteriormente no sentido inverso na forma de modelos de aptitude que identifiquen as áreas máis axeitadas para o uso agrícola e gandeiro.

Capítulo 6

Clasificación automática de fotografías aéreas en branco e negro

As fotografías aéreas históricas constitúen unha fonte de información moi valiosa acerca da utilización do territorio en tempos pasados, con multitude de aplicacións posibles relacionadas co ordenamento territorial, a arqueoloxía ou a investigación da propiedade por citar só algúns exemplos. Para facilitar o uso da información que conteñen resultaría moi interesante dispoñer de métodos de clasificación automática para elaborar mapas históricos de cubertas do solo. As posibilidades de clasificación automática, non obstante, chocan co feito de tratar con fotografías en branco e negro (pancromáticas), o que reduce enormemente a cantidade de información dispoñible para o tratamento dixital. Neste capítulo explóranse algúns dos métodos dispoñibles, como os métodos de clasificación orientada a obxectos, ou a obtención de medidas de textura que permitan complementar a información espectral contida na fotografía. Os resultados de fiabilidade obtidos son necesariamente máis baixos que os habituais con imaxes multiespectrais, pero suficientes para que os resultados da clasificación teñan utilidade nun entorno operativo. O obxectivo último deste capítulo é xenerar un mapa de uso pasado do solo a nivel parcela que poida ser utilizado como variable de entrada no modelo de aptitude do capítulo posterior.

6.1. Clasificación de imaxes

O concepto de clasificación dunha imaxe pode ser definido, de modo extremadamente simple, como “a obtención dun mapa temático a partir dunha imaxe” (Schowengerdt 2007). A simplicidade da definición permítelle abranquar un número considerable de métodos diferentes, incluída a fotointerpretación e delineación manual das diferentes clases de interese. Polo tanto, os procesos de clasificación serían tan antigos como o primeiro mapa temático elaborado a partir de fotografía aérea. Este capítulo, non obstante, está orientado a métodos *automáticos* de clasificación, o que sitúa a orixe nun pasado bastante máis cercano, coincidente coa aparición das primeiras imaxes en formato dixital: dixitais en orixe, tomadas desde satélites artificiais, ou dixitalizadas a partir de fotografías aéreas. A natureza dos primeiros métodos utilizados para a clasificación automática de imaxes dixitais impregna a definición proposta por Chuvieco Salinero (2006): o proceso polo cal “a imaxe multibanda se convirte noutra imaxe do mesmo tamaño e características que a orixinal, coa diferenza de que o nivel dixital de cada píxel non ten relación coa radiancia detectada polo sensor, senón que se trata dunha etiqueta que identifica a categoría asignada a ese píxel”. Desta definición interésanos destacar dous aspectos fundamentais. En primeiro lugar, o autor asume que a imaxe que se clasifica de modo automático é *multibanda*, é dicir, é o resultado de capturar información de xeito separado en diferentes rexións do espectro electromagnético. En segundo lugar, a definición enfatiza a importancia da clasificación a nivel de píxel, a semellanza do xeito no que traballan os clasificadores tradicionais: a clasificación da imaxe resulta da clasificación sucesiva dos seus píxeles individuais. Ambas circunstancias resaltan o carácter relativamente atípico do traballo que se presenta: a imaxe utilizada non é multibanda senón pancromática, e tres dos catro métodos que se ensaian son orientados a obxectos —é dicir, non clasifican píxeles individuais senón grupos de píxeles—.

O feito de que na inmensa maioría dos casos a imaxe que se clasifica sexa multibanda ou multiespectral non é estraño en absoluto: unha resolución espectral elevada incrementa a facilidade coa que as cubertas poden ser identificadas, ó ocupar distintas posicións dentro do espazo de n dimensións definido polas diferentes bandas. En consecuencia, aínda que existan fotografías aéreas pancromáticas de anos relativamente recentes ou aínda que a maioría dos satélites de observación comerciais proporcionen unha imaxe pancromática de maior resolución espacial que o seu equivalente multiespectral, a clasificación sempre se fai sobre esta última ou en todo caso sobre unha fusión das dúas. Agora ben, cando se trata de series históricas é máis que probable —dependendo do ano e a rexión xeográfica— que o único material fotográfico dispoñible estea constituído por fotografías en branco e negro. O valor inestimable que este material ten na realización de estudos históricos sitúa no seu lugar o interese de avaliar as técnicas dispoñibles para

a súa clasificación automática.

6.1.1. Clasificación de imaxes pancromáticas

A revisión de casos similares na bibliografía puxo de manifesto a existencia dun número reducido de traballos dedicados á clasificación de fotografías aéreas históricas. Unha característica común dos traballos existentes é que reduciron as súas expectativas á clasificación de dúas ou tres cubertas diferentes como máximo: árbores e fondo (Pillai et al. 2005), vexetación leñosa e fondo (Robinson et al. 2008), mato e fondo (Hutchinson et al. 2000, Laliberte et al. 2004), árbores e dous tipos de mato (Carmel & Kadmon 1998, Kadmon & Harari-Kremer 1999), invernadoiros e fondo (Agüera et al. 2008). A pesar do número reducido de categorías a fiabilidade das clasificacións resultantes foi relativamente baixa e oscila arredor do 60 % (Carmel & Kadmon 1998), aínda que chega nalgúns casos ó 80 % (Kadmon & Harari-Kremer 1999). Existen casos de fiabilidades considerablemente maiores, de ata o 90 % (Pillai et al. 2005), se ben se debe puntualizar que nestes casos a cifra non se refire á proporción de píxeles correctamente clasificados senón de obxectos (árbores ou parcelas, por exemplo): medida dese modo, a fiabilidade é necesariamente maior, pois unha árbore identificada supón un acerto aínda se moitos dos píxeles que a compoñen —e especialmente os situados nos bordes— están mal clasificados. Outros autores consideraron necesaria unha reclasificación manual posterior ós métodos automáticos (Marignani et al. 2008), o que evidencia que os resultados non eran suficientemente precisos para os fins para os que estaban previstos. En todo caso cúmprese a regra xeral, válida para calquer tipo de clasificación, de que a separabilidade ou grao de solape entre as cubertas obxectivo ten moita importancia na calidade final dos resultados, con independencia do método empregado.

En canto ós métodos propostos, atopamos técnicas de segmentación por umbrais ou *thresholding* (Hutchinson et al. 2000, Lahav-Ginott et al. 2001, Laliberte et al. 2004), de segmentación orientada a obxectos (Laliberte et al. 2004, Marignani et al. 2008, Pillai et al. 2005) e tamén outras técnicas habituais no traballo con imaxes multispectrais como a clasificación por máxima verosimilitude (Carmel & Kadmon 1998, Kadmon & Harari-Kremer 1999). Para intentar mellorar os resultados da clasificación os autores incorporaron información relativa á veciñanza entre píxeles ou textura. A textura é unha medida da frecuencia con que os niveis dixital dunha imaxe varían en relación co espazo e existen diferentes medidas posibles. Neste sentido, os resultados non sempre foron positivos, dado que nalgún dos casos esta incorporación permitiu incrementar a fiabilidade da clasificación (Carmel & Kadmon 1998, Cots Folch et al. 2007) pero noutros non (Agüera et al. 2008). A información de textura pode ser obtida de diferentes modos, pero é habitualmente derivada da matriz de coocurrencias de gris (*grey level co-occurrence matrix*, GLCM) definida por Haralick et al. (1973). A informa-

ción de textura ten sido utilizada tamén para incrementar a fiabilidade de clasificacións sobre imaxe multiespectral, por exemplo no caso de QuickBird (Johansen et al. 2007).

A maiores, algúns autores detectaron a necesidade de realizar correccións radiométricas previas á clasificación, en particular debido ás variacións do brillo detectadas en sentido radial desde o centro ós bordes da fotografía (Carmel & Kadmon 1998). Os mesmos autores exploraron a corrección do efecto da topografía sobre o brillo da fotografía (o diferente ángulo de reflexión da luz debido á pendente) mediante un modelo dixital do terreo, pero non atoparon melloras debidas a este procedemento. Co fin de reducir o efecto de “sal e pementa” na clasificación resultante, as opcións empregadas incluían o suavizado previo á clasificación mediante filtro de paso baixo (Laliberte et al. 2004) ou a aplicación dun filtro de maioría sobre o resultado da clasificación (Cots Folch et al. 2007).

6.2. Obxectivos

O obxectivo deste capítulo é avaliar diferentes métodos posibles para segmentar a fotografía aérea en branco e negro de 1956-1957 coa finalidade de obter clasificacións con catro grandes categorías: (1) arable, (2) prados e pasteiros, (3) mato, e (4) arborado. O traballo centra parte da súa atención nos métodos de clasificación orientada a obxectos e na obtención de información textural para incrementar a fiabilidade dos resultados.

6.3. Material

A fotografía empregada neste traballo procede do voo da serie B (1956-1957), xa ortorrectificada, cun tamaño de píxel de 0,60 m. Dado que existen diferentes pasadas sobre a zona de traballo, con radiometrías lixeiramente diferentes, empregouse exclusivamente unha das fotografías correspondente á pasada 15 sobre o concello de Begonte. Á hora de escoller unha das fotografías procuramos que presentase as cubertas misturadas entre si, coa idea de representar de xeito fiel unha situación o máis parecida posible á que nos encontraríamos nun entorno operativo (figura 6.1). É dicir, evitouse escoller unha fotografía máis simple en canto á mistura das cubertas presentes, que seguramente permitiría obter mellores resultados na clasificación pero sería menos representativa das condicións habituais.

As aplicacións informáticas utilizadas para o tratamento da imaxe e clasificación inclúen o *software* de clasificación *eCognition* na súa versión 4 (Definiens Imaging 2004), e os sistemas de información xeográfica ArcGIS e GRASS (GRASS Development Team 2008, Neteler & Mitasova 2004). O tratamento estatístico foi realizado en R (R Development Core Team 2008), tomando os datos directamente de GRASS a través do paquete “spgrass6”

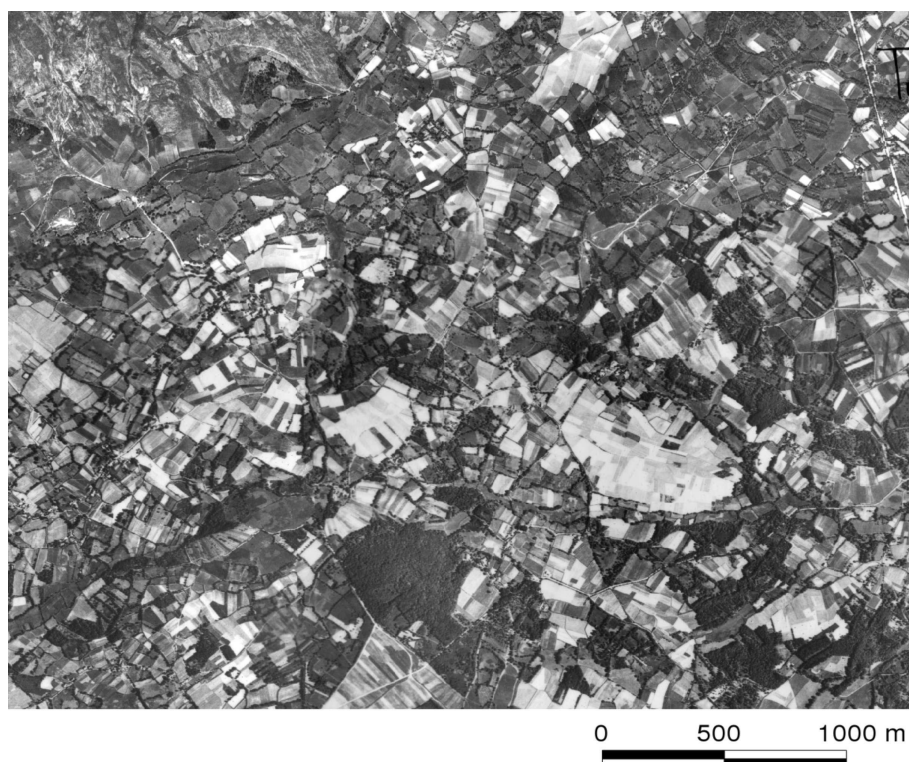


Figura 6.1. Fotografía orixinal para as probas de clasificación.

([Bivand 2008](#)). Tamén se utilizou o algoritmo de clasificación J48¹ implementado no paquete RWeka para R ([Hornik et al. 2009](#), [Witten & Frank 2005](#)).

6.4. Método

Neste apartado presentamos os catro métodos de clasificación ensaiados: a segmentación por umbrais, a clasificación mediante os algoritmos SMAP e FNAE (implementados en GRASS e eCognition, respectivamente), e a clasificación utilizando o parcelario actual (SIGPAC) e os niveis dixitais da fotografía mediante árbores de decisión. Tamén se describen algúns procedementos previos como a comprobación da radiometría da imaxe e a obtención de medidas de textura.

¹J48 é o nome que recibe a implementación en Weka e RWeka o algoritmo C 4.5 desenvolvido por ([Quinlan 1993](#)). C 4.5 está dispoñible en código aberto, e o mesmo autor desenvolveu e comercializa unha versión mellorada e de código pechado co nome de C 5.

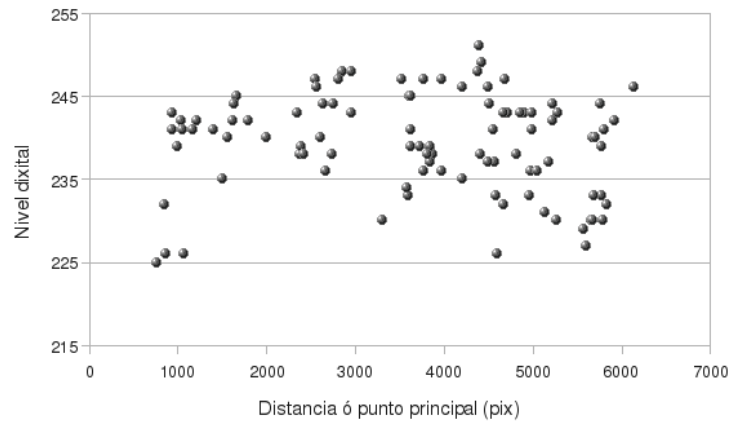


Figura 6.2. Variación dos niveis de gris coa distancia radial ó punto principal da fotografía. Valores para unha mostra da cuberta de terra arable.

6.4.1. Comprobacións da radiometría

Como paso previo á clasificación investigamos a posible existencia de variacións en sentido radial dos niveis de gris na fotografía. No caso de detectar variacións deste tipo sería necesario realizar unha corrección para que cada unha das cubertas aparecese cunha resposta similar en toda a fotografía, independentemente de estar situada cara o centro ou cara ó exterior da fotografía. A comprobación realizouse sobre a fotografía non ortorrectificada, medindo o nivel de gris de 100 píxeles de terra arable, a diferentes distancias do punto principal (centro) da fotografía. Os resultados obtidos non inducen a pensar que exista unha variación significativa entre o centro e os bordes da imaxe, polo que non é necesario realizar ningunha corrección neste sentido (figura 6.2).

6.4.2. Segmentación por umbrais

A segmentación por umbrais (*thresholding*) é un método moi simple desde o punto de vista conceptual. A súa aplicación máis elemental é a de binarizar imaxes, é dicir, separar o primeiro plano do fondo segundo o nivel dixital de cada píxel supere ou non un determinado umbral (*threshold*). A partir de aí son posibles diferentes variantes en función de se consideramos primeiro plano os píxeles que superen o umbral (*threshold above*), os que non o superen (*threshold under*), os que estean entre dous valores (*threshold inside*) ou os que estean fóra de determinado rango (*threshold outside*) (Shapiro & Stockman 2001). Dado que o obxectivo deste traballo non é dividir a imaxe en dúas clases senón en catro, é necesario definir tres umbrais diferentes.

A elección do umbral ou umbrais utilizados é a parte complexa deste

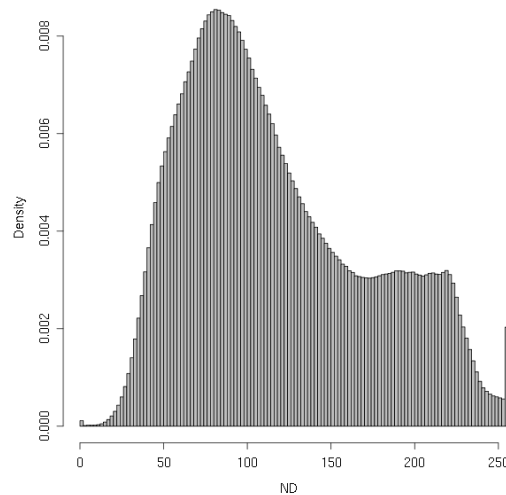


Figura 6.3. Histograma da fotografía orixinal.

método aparentemente simple, para a que existen diversas opcións posibles. Unha das opcións obvias é utilizar como umbrais os posibles puntos de ruptura presentes no histograma da imaxe, pero esta opción ten o problema de que dependendo da imaxe concreta estes puntos non sempre existen. Este é o caso deste traballo: o histograma da fotografía (figura 6.3) non presenta ningún punto de ruptura aparente. A ausencia de puntos de ruptura no histograma tamén impide utilizar métodos automáticos especificamente pensados para localizalos como por exemplo o de Otsu, ideado para imaxes bimodais onde os píxeles se agrupan en dúas categorías máis ou menos separadas no histograma (Shapiro & Stockman 2001). Finalmente, os umbrais poden seleccionarse tomando como base o coñecemento *a priori* que se teña das diferentes cubertas a identificar e incluso ir variando os valores sucesivamente ata conseguir que os resultados obtidos se acheguen ós esperados (*knowledge-based thresholding*). Esta última opción é a que utilizamos, coa información tomada do histograma de cada clase a partir dunha serie de áreas de mostra (figura 6.4): como se pode apreciar, a clase “terra arable” é a mellor separada das demais, ó aparecer na fotografía cos tonos máis claros. As clases “arborado” e “prados”, pola súa parte, mostran certo grao de solape entre elas dado que os prados con maiores niveis de humidade aparecen na fotografía en tonos considerablemente escuros, en ocasións aínda máis que algunha das masas de arborado. A clase que presenta maior solape coas restantes é a de “mato”: esta inclúe áreas nas que o terreo nú ou con moi pouca vexetación alterna con mato máis ou menos denso, e polo tanto aparece na fotografía con tonos que van dos moi escuros correspondentes ás sombras e áreas de mato espeso ata os máis claros nas zonas de solo pouco cuberto. Como se pode apreciar na figura, a distribución dos niveis dixitais

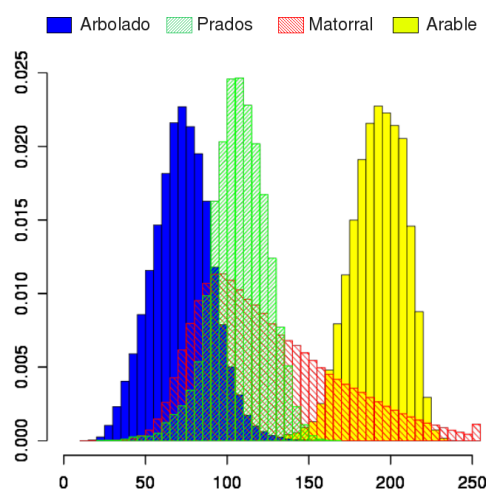


Figura 6.4. Histograma das diferentes clases a identificar.

das diferentes cubertas non se pode considerar normal, aspecto que foi comprobado aplicando o test de Shapiro-Wilk a unha mostra aleatoria de 5.000 píxeles extraídos de cada unha das cubertas identificadas: os resultados do test (con niveis de significación menores de 0,001) fan descartar a hipótese de normalidade. En consecuencia, para decidir os umbrais de segmentación optamos por utilizar aqueles valores a partir dos cales a frecuencia dunha das clases supera ás contiguas: dese modo, para un determinado nivel dixital da fotografía, asígnase a cada píxel aquela clase á que a probabilidade de pertenza é maior. En resumo, para niveis dixital menores de 90 asígnase a clase “arborado”, para aqueles entre 90 e 135 a clase “prados”, para os comprendidos entre 135 e 160 a clase “mato”, e para os maiores de 160 a clase “arable”.

6.4.3. Métodos de clasificación orientada a obxectos

Baixo o nome xenérico de métodos orientados a obxectos inclúense todos aqueles que, ó contrario que os métodos de clasificación tradicionais (píxel a píxel), non só teñen en conta o nivel dixital de cada píxel senón tamén os dos píxeles veciños. Teoricamente, unha aproximación orientada a obxectos correspóndese mellor coa realidade xa que cando a resolución espacial da imaxe é elevada as cubertas do solo ocupan áreas de maior entidade que o píxel, e polo tanto é preferible que o método de clasificación se centre nestas (obxectos) que en píxeles illados. O obxectivo destes métodos consiste, por tanto, na división da imaxe en segmentos ou obxectos internamente homoxéneos, entendendo homoxéneos no sentido de que a súa variabilidade interna sexa menor que a existente entre eles (Laliberte et al. 2004).

Neste traballo preséntanse dous métodos de clasificación orientados a

obxectos que realizan a segmentación da imaxe orixinal, representativos de dúas aproximacións diferentes ó problema. O primeiro deles é o *Sequential Maximum a Posteriori - estimation* (SMAP) dispoñible no sistema de información xeográfica libre GRASS, e pertence ós métodos de segmentación que parten de información proporcionada polo usuario mediante a definición de áreas de entrenamento (*knowledge driven*) para logo tratar de dividir a imaxe en obxectos ou segmentos que se adecúen a algunha das clases descritas. O modo de operación de SMAP consiste en dividir a imaxe a varias escalas, de modo que as divisións efectuadas a escalas máis grosas sirvan para guiar a clasificación dos obxectos a escalas máis finas (Bouman & Shapiro 1992, 1994, McCauley & Engel 1995). O segundo método, o *Fractal Net Evolution Approach* (FNAE) implementado no paquete comercial eCognition representa á estratexia oposta (*data driven*): trata de dividir a imaxe en obxectos homoxéneos de acordo con criterios de cor, forma e escala, e deixa ó usuario a tarefa posterior de decidir se os segmentos ou obxectos xenerados se corresponden con categorías do mundo real. Entre as vantaxes que presenta esta última destaca a posibilidade de xenerar obxectos a diferentes escalas nun mesmo proxecto e establecer regras de pertenza entre os diferentes niveis (Definiens Imaging 2004). Unha vantaxe adicional semella a posibilidade de utilizar fontes de información diferentes nas fases de segmentación e clasificación. FNAE require que o usuario estableza parámetros iniciais de escala, forma e compacidade antes de iniciar a segmentación. Ensaíamos varias escalas de segmentación posibles: o coeficiente de escala incorporado no programa informático é adimensional, e observamos unha mellor resposta para un factor de escala de 50. Para escalas maiores os segmentos xenerados inclúen máis dunha mesma cuberta, por exemplo nas áreas de prados rodeadas de arborado.

Unha terceira aproximación que se pode encadrar neste apartado consiste en utilizar unha capa vectorial existente, como pode ser a capa de recintos ou de parcelas do SIGPAC, un método que xa foi ensaiado con certo éxito para a clasificación de fotografías actuais (Fernández Sarría et al. 2003). Se ben é certo que neste caso a capa vectorial e a fotografía a clasificar pertencen a datas diferentes, este procedemento pode ser entendido desde unha perspectiva diferente: a de coñecer, para as parcelas/recintos existentes na actualidade, cal era o uso/cuberta nunha época pasada. Outros aspectos deben ser tidos en conta neste caso: en primeiro lugar os efectos que a variación da xeometría do parcelario (nas zonas afectadas por concentración fundamentalmente) tería sobre a clasificación final; e en segundo lugar a cuestión da coincidencia entre a capa vectorial e a fotografía e a influencia que neste aspecto ten a precisión xeométrica de ambos produtos. No caso da zona piloto utilizada neste capítulo, a coincidencia entre ambas capas de información é aceptable, e a estrutura do parcelario apenas se modificou. A información relativa ós niveis dixitais comprendidos na área das respectivas parcelas pode calcularse con aplicacións como eCognition ou con calquera sistema de

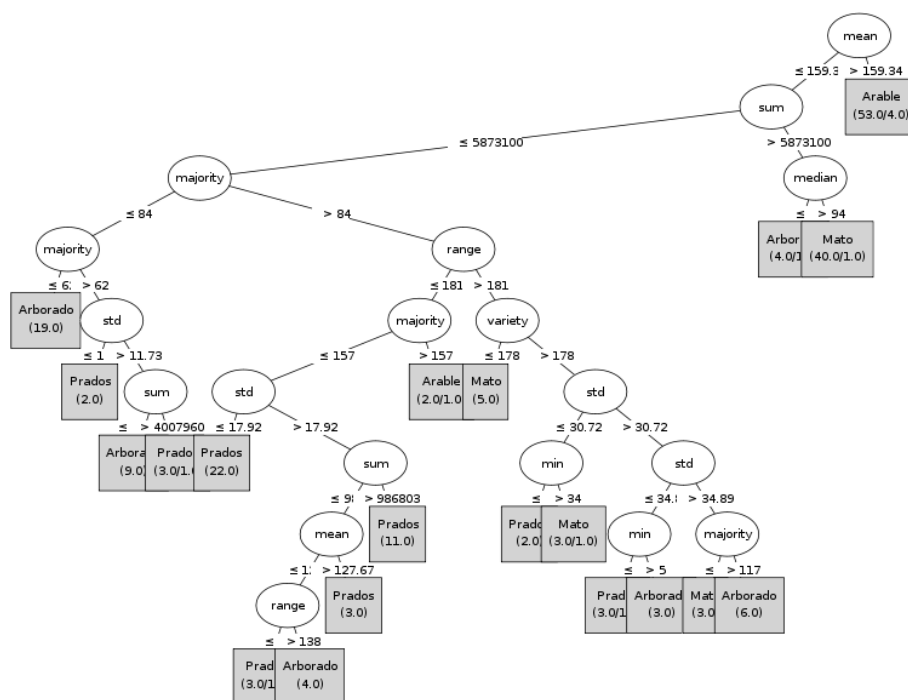


Figura 6.5. Árbore de clasificación supervisada xenerada co algoritmo J48. O algoritmo propón unha ruta para clasificar os polígonos vectoriais en función dos valores de diferentes estatísticos (media, moda, mediana...) derivados dos niveis dixitais da fotografía orixinal.

información xeográfica, por exemplo ArcGIS.² A vantaxe deste último é que permite calcular nunha soa operación varios estatísticos referidos a estes niveis dixitais: mínimo, máximo, rango, media, desviación estándar, moda e media. Deste modo dispónse, a maiores, de información referida á textura da fotografía en cada parcela (rango e desviación estándar). A clasificación pode realizarse tomando un número como mostra e utilizando un algoritmo de árbores de decisión supervisadas como o Rpart (*Recursive partitioning*) implementado no paquete base de R (R Development Core Team 2008) ou o J48, tamén dispoñible en R a través do paquete RWeka (Hornik et al. 2009, Witten & Frank 2005) e que foi o finalmente utilizado (figura 6.5). Unha vantaxe de J48 é que permite a verificación da calidade da clasificación mediante validación cruzada (*jackknife*). Para realizar esta clasificación seleccionáronse 50 parcelas puras de cada clase (200 en total).

²No caso deste traballo decidiuse empregar ArcGIS para realizar esta operación, dado que a versión utilizada de GRASS (v. 6.3) requería moito máis tempo de cálculo. Este aspecto debería estar corrixido na versión 7, dispoñible tamén para descarga (M. Neteler, comunicación persoal, 10 de xullo de 2009).

6.4.4. Información textural

Dado que a resposta espectral das diferentes cubertas mostra un solape considerable, é de esperar que as clasificacións exclusivamente baseadas en información espectral mostren bastante confusión entre clases. A causa fundamental é a heteroxeneidade da clase “mato”, que fai que os píxeles desta cuberta presenten niveis dixitais moi diferentes entre si. Esta circunstancia reflíctese nunha textura máis grosa que a do resto das clases, que podería ser utilizada para contribuír á súa mellor discriminación. Para explorar esta posibilidade utilizouse a capacidade de GRASS para obter diferentes variables de textura a partir da imaxe orixinal. Unha análise de compoñentes principais sobre as diferentes medidas que ofrece o módulo *r.texture* mostrou que a varianza local era unha das que máis información aportaba, á vez que unha das máis fáciles de interpretar.³

Atopamos que un suavizado previo da imaxe mediante un filtro de media e tamaño de ventá 5 consegue eliminar unha grande parte do ruído presente na imaxe e realza as diferencias de textura entre as diferentes cubertas. Sobre esta imaxe suavizada calculamos a varianza con tamaño de ventá 5 (figura 6.6). Valores menores de ventá non permitían apreciar diferencias entre as cubertas, e valores maiores resaltaban de xeito esaxerado o efecto borde entre diferentes cubertas.

6.5. Resultados

A calidade final das diferentes clasificacións avalíase de dous modos diferentes: atendendo ó aspecto xeral que presentaba cada unha (fundamentalmente en canto á compacidade das diferentes manchas identificadas) e tamén mediante a comparación cun conxunto de 200 puntos aleatorios interpretados manualmente e utilizados como control. Como excepción, os resultados da clasificación sobre o parcelario actual realizouse mediante validación cruzada, utilizando alternativamente diferentes parcelas de entrenamiento como parcelas de comprobación. Os resultados numéricos da comparación entre a cuberta “real” (identificada visualmente) e a resultante de cada clasificación preséntanse na correspondente matriz de confusión (táboas 6.1 a 6.6), na que ademais se inclúen os valores de fiabilidade de usuario e de produtor para cada clase, a fiabilidade global (Chuvieco Salinero 2006) e o valor do índice κ de Cohen.

A fiabilidade global dos diferentes métodos ensaiados mostra valores moi similares en tódolos casos arredor do 60 %, a excepción da clasificación sobre

³En concreto, a varianza local aportaba neste caso o 83 % da 3ª compoñente principal. Desde o punto de vista visual resultaba moi similar á entropía (95 % da 1ª compoñente principal) pero resulta máis fácil de interpretar que esta. A 2ª compoñente principal (formada polo contraste no seu 95 %) non ofrecía información interesante desde o punto de vista visual.

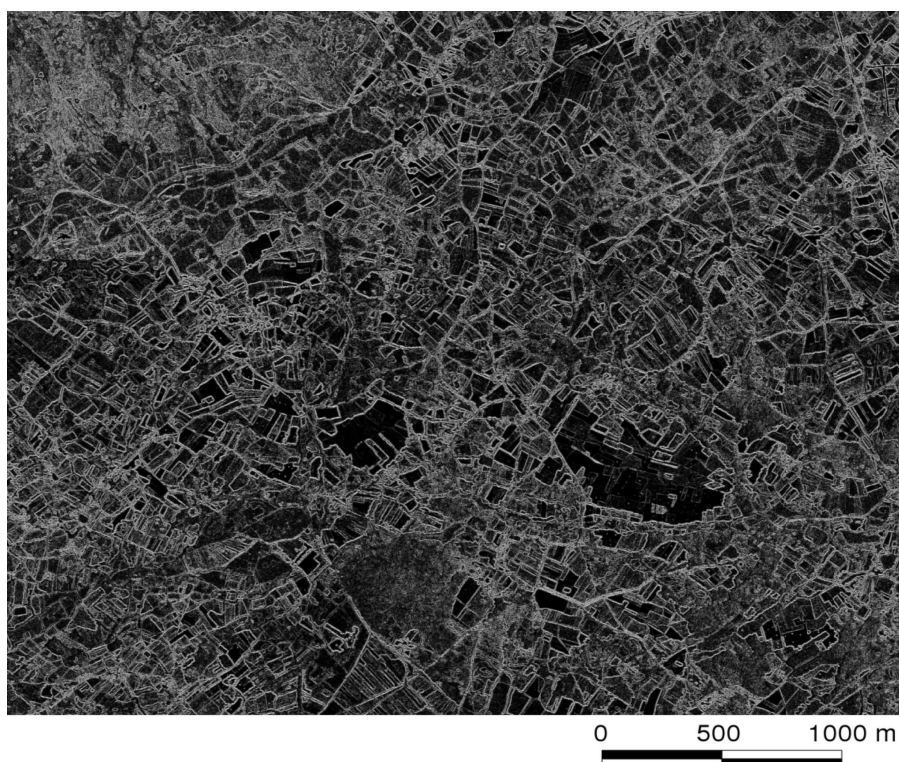


Figura 6.6. Varianza local con tamaño de ventá 5.

o parcelario actual na que a fiabilidade chega ó 78 %. Dentro dos métodos de clasificación orientada a obxectos que non utilizaban o parcelario, a fiabilidade obtida é considerablemente menor, e non mellorou significativamente coa introdución de medidas de textura. Os valores acadados están na liña doutros traballos da bibliografía, incluso comparables ós de clasificacións similares en canto a clases sobre 4 bandas multiespectrais de QuickBird (por exemplo, do 73 % en [Johansen et al. 2007](#)).

Das catro clases utilizadas destaca a clase “terra arable” por mostrar valores de fiabilidade de usuario próximos ó 90 %, o que quere dicir que a práctica totalidade dos píxeles incluídos nesa clase corresponden realmente a terra arable. A clase menos fiable nese sentido sería a de “mato”, o que indica que moitos dos píxeles clasificados como mato corresponden realmente a outras clases. De novo aquí figura como excepción a clasificación do parcelario actual, que se ve favorecida pola inclusión da compoñente de tamaño (as parcelas maior tamaño tenden a ser ocupadas por mato en 1956), na que a fiabilidade de usuario chega ó 86 %. Desde o punto de vista do produtor, a clase mellor identificada tamén é a de “terra arable”.

Destaca o feito de que con independencia de que os valores de fiabilidade sexan nalgúns casos similares, o aspecto visual das diferentes clasificacións é

bastante diferente (figuras 6.7 a 6.12). Como era de esperar, a segmentación por umbrais produce unha clasificación cunha elevada mistura de cubertas, que puidera ser reducida mediante filtrados encamiñados a reducir o efecto de “sal e pementa”. Os métodos de clasificación orientada a obxectos SMAP e FNEA, en comparación, producen resultados máis homoxéneos e manchas máis compactas. Dentro destas últimas, apréciase que a inclusión de información textural mellora moito a correcta identificación das áreas de mato da esquina superior esquerda da imaxe, mellora que non se reflicte nas cifras de fiabilidade global debido a que ó mesmo tempo que se mellora a detección do mato tamén se introducen falsos positivos noutras zonas (áreas incorrectamente identificadas como mato). Dentro destes últimos destaca a segmentación realizada por eCognition, que por realizar a segmentación sobre a imaxe orixinal e non sobre o conxunto de imaxe orixinal máis imaxe textural, presenta un aspecto máis limpo. A clasificación sobre o parcelario actual, pola súa parte, tamén presenta un aspecto limpo, se ben é certo que a esixencia de adaptarse á forma do parcelario implica necesariamente que naquelas parcelas nas que conviven varias cubertas exista un erro de clasificación que non aparece computado na correspondente táboa.

6.6. Conclusións

As diferentes clasificacións realizadas sobre a fotografía pancromática mostran, como era de esperar, menor fiabilidade que a habitual para outras fontes de información remota: os valores obtidos, non obstante, atópanse nos niveis doutros traballos semellantes na bibliografía. Resulta evidente á vista dos resultados que a escasa información contida nunha soa canle pancromática dificilmente permite superar o umbral do 60 % de fiabilidade, excepto cando se forza a abstracción de utilizar a xeometría do parcelario como base da clasificación: neste caso seguramente estamos pasando por alto pequenas áreas de cubertas diferentes á identificada dentro de cada parcela. Con todo, tanto o número de cubertas diferentes que se pretende identificar como a súa separabilidade inflúe considerablemente no valor final obtido, e ambos factores teñen un peso importante neste traballo dado que se pretende diferenciar catro clases (un número superior ó habitual, tendo en conta que a maioría dos traballos consultados na bibliografía se limitan a dúas ou tres clases como máximo) das cales unha —o mato— presenta moito solape coas restantes.

A avaliación visual dos resultados dos diferentes métodos mostra que, pese a resultar en valores similares de fiabilidade, os métodos de clasificación orientada a obxectos crean manchas máis compactas e reducen o efecto de “sal e pementa” na clasificación. Por outra parte, tamén se aprecia unha mellora na identificación das áreas de mato ó incorporar medidas de varianza no proceso, pero neste sentido débese resaltar que a medida de textura

empregada neste caso non ten por que ser necesariamente a óptima: dado o elevado número de medidas de textura dispoñibles, diferentes tamaños de ventá, diferentes tratamentos previos e posteriores, e as súas posibles combinacións, é practicamente imposible realizar unha comprobación exhaustiva de todos os itinerarios posibles ata o resultado final. A utilización do parcelario como base da clasificación preséntase polo tanto como unha alternativa simple e efectiva sempre que se acepte a xeneralización da realidade que leva implícita.

A fiabilidade relativamente baixa das clasificacións xeneradas a partir de fotografías pancromáticas, polo menos en comparación coas xeneradas a partir de outros tipos de información remota, non debe tomarse como un obstáculo para a súa utilización. En realidade, constitúen un método económico e simple de obter mapas de cubertas do pasado. Neste sentido, debe terse en conta que o aforro de tempo que supoñen respecto dos métodos manuais (fotointerpretación e trazado manual dos diferentes recintos) representa unha razón de peso para o seu uso, máis aínda se consideramos que os mapas trazados manualmente non están tampouco totalmente exentos de erros. A cuestión estriba polo tanto en utilizar os mapas resultantes coa cautela necesaria pero non invalida en absoluto a súa utilidade para proporcionar unha visión bastante aproximada do pasado.

Táboa 6.1. Matriz de confusión: clasificación por umbrais

Clasificación	Referencia				Fiab. usuario	Fiab. produtor
	Arable	Prados	Mato	Arborado		
Arable	54	2	2	0	93,1 %	81,8 %
Prados	10	28	14	3	50,9 %	54,9 %
Mato	0	6	3	5	21,4 %	9,4 %
Arborado	2	15	13	43	58,9 %	84,3 %

* Fiabilidade global 64 %. Coeficiente κ de Cohen 0,506.

Táboa 6.2. Matriz de confusión: clasificación SMAP sen información de textura

Clasificación	Referencia				Fiab. usuario	Fiab. produtor
	Arable	Prados	Mato	Arborado		
Arable	40	1	1	0	95,2 %	60,6 %
Prados	4	25	9	4	59,5 %	49,0 %
Mato	20	8	7	1	19,4 %	21,9 %
Arborado	2	17	15	46	57,5 %	90,2 %

* Fiabilidade global 59 %. Coeficiente κ de Cohen 0,451.

Táboa 6.3. Matriz de confusión: clasificación SMAP con información de textura

Clasificación	Referencia				Fiab. usuario	Fiab. produtor
	Arable	Prados	Mato	Arborado		
Arable	40	1	0	0	97,6 %	60,6 %
Prados	2	18	1	0	85,7 %	35,3 %
Mato	24	19	21	11	28,0 %	65,6 %
Arborado	0	13	10	40	63,5 %	78,4 %

* Fiabilidade global 59,5 %. Coeficiente κ de Cohen 0,471.

Táboa 6.4. Matriz de confusión: clasificación eCognition sen información de textura

Clasificación	Referencia				Fiab. usuario	Fiab. produtor
	Arable	Prados	Mato	Arborado		
Arable	48	2	1	0	94,1 %	72,7 %
Prados	1	15	9	4	51,7 %	29,4 %
Mato	15	14	10	4	23,3 %	31,3 %
Arborado	2	20	12	43	55,8 %	84,3 %

* Fiabilidade global 58 %. Coeficiente κ de Cohen 0,437.

Táboa 6.5. Matriz de confusión: clasificación eCognition con información de textura

Clasificación	Referencia				Fiab. usuario	Fiab. produtor
	Arable	Prados	Mato	Arborado		
Arable	43	2	0	1	93,5 %	65,2 %
Prados	4	18	1	1	75,0 %	35,3 %
Mato	17	19	17	9	27,4 %	53,1 %
Arborado	2	12	14	40	58,8 %	78,4 %

* Fiabilidade global 59 %. Coeficiente κ de Cohen 0,456.

Táboa 6.6. Matriz de confusión: clasificación utilizando o parcelario actual

Clasificación	Referencia				Fiab. usuario	Fiab. produtor
	Arable	Prados	Mato	Arborado		
Arable	47	3	0	1	92,1 %	92,1 %
Prados	3	34	3	10	68,0 %	73,9 %
Mato	0	2	43	5	86,0 %	78,2 %
Arborado	1	7	9	33	66,0 %	67,3 %

* Fiabilidade global 78,5 %. Coeficiente κ de Cohen 0,713.

** Nótese que os datos de verificación proceden de validación cruzada.

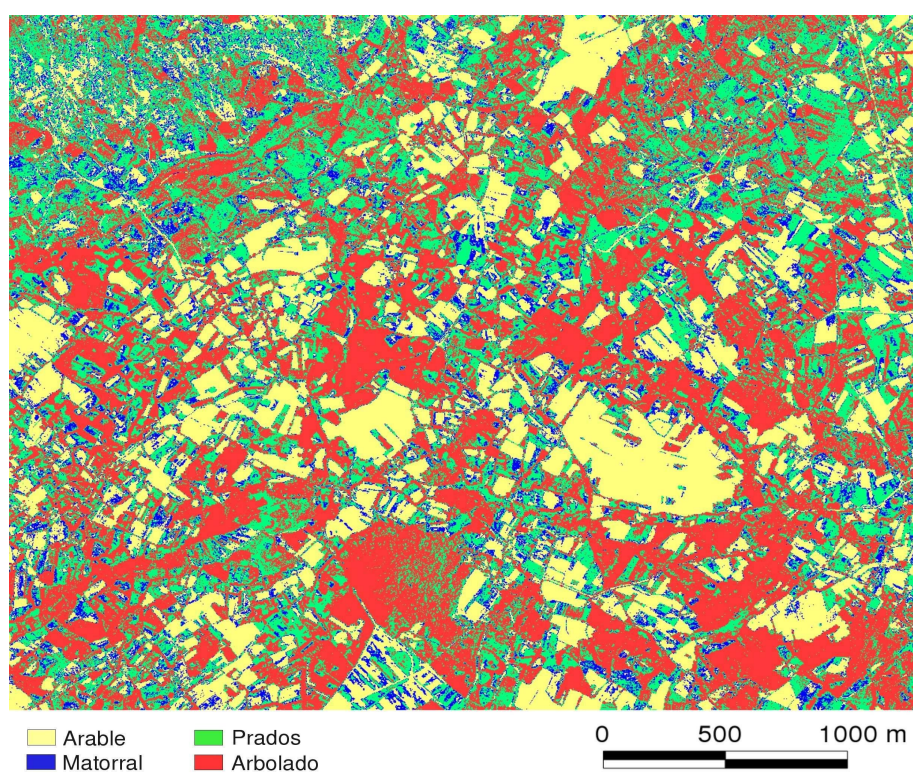


Figura 6.7. Resultados da clasificación por umbrais

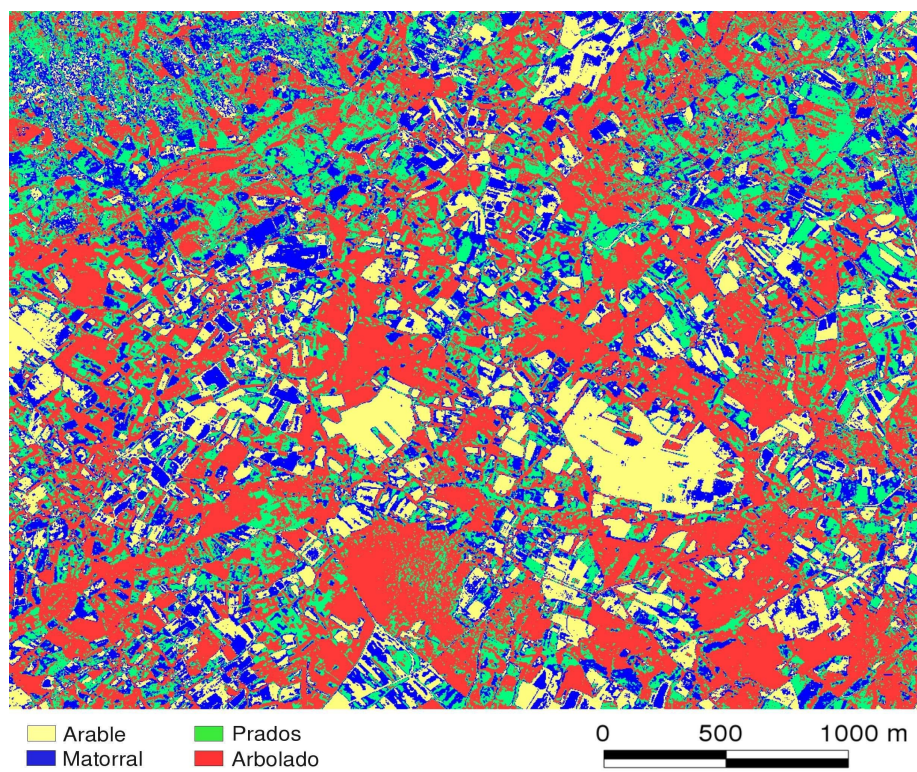


Figura 6.8. Resultados da clasificación SMAP sen información textural

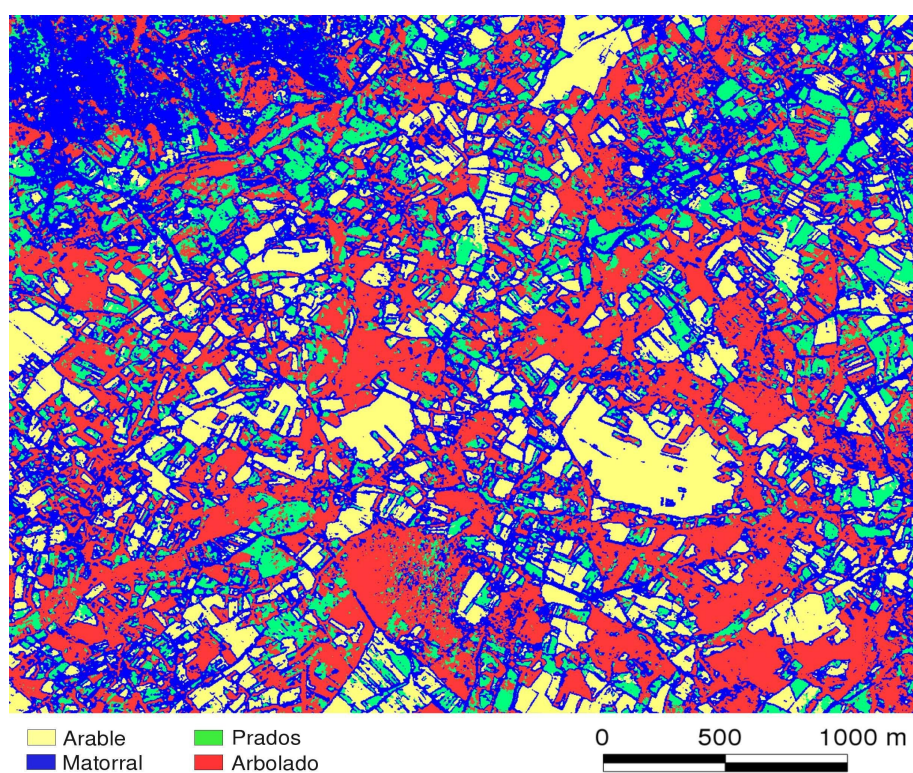


Figura 6.9. Resultados da clasificación SMAP con información textural

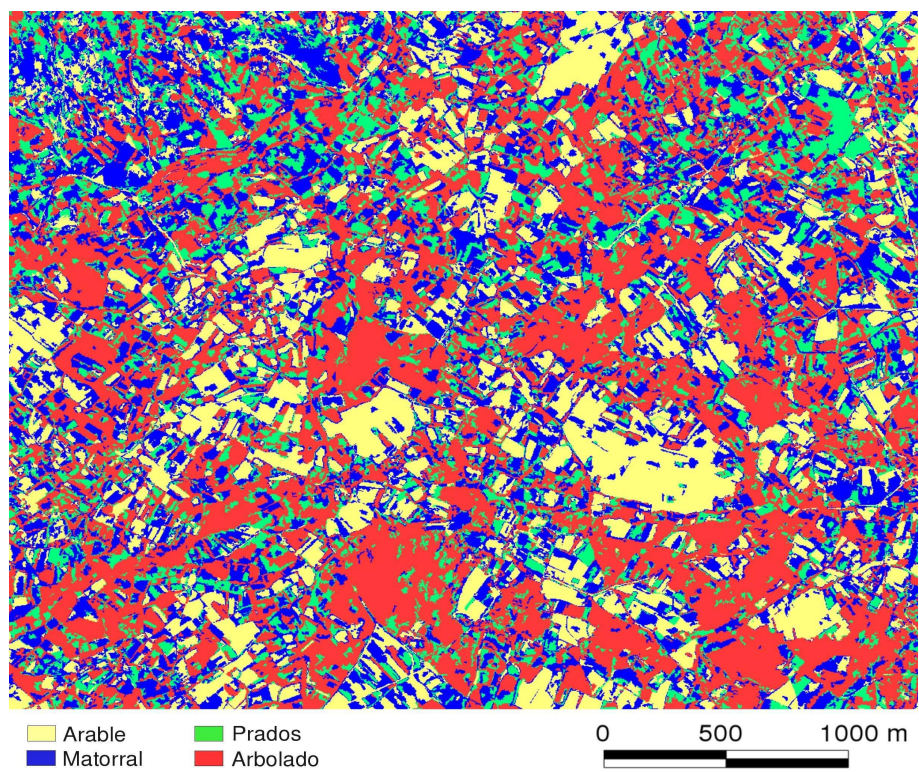


Figura 6.10. Resultados da clasificación FNAE sen información textural

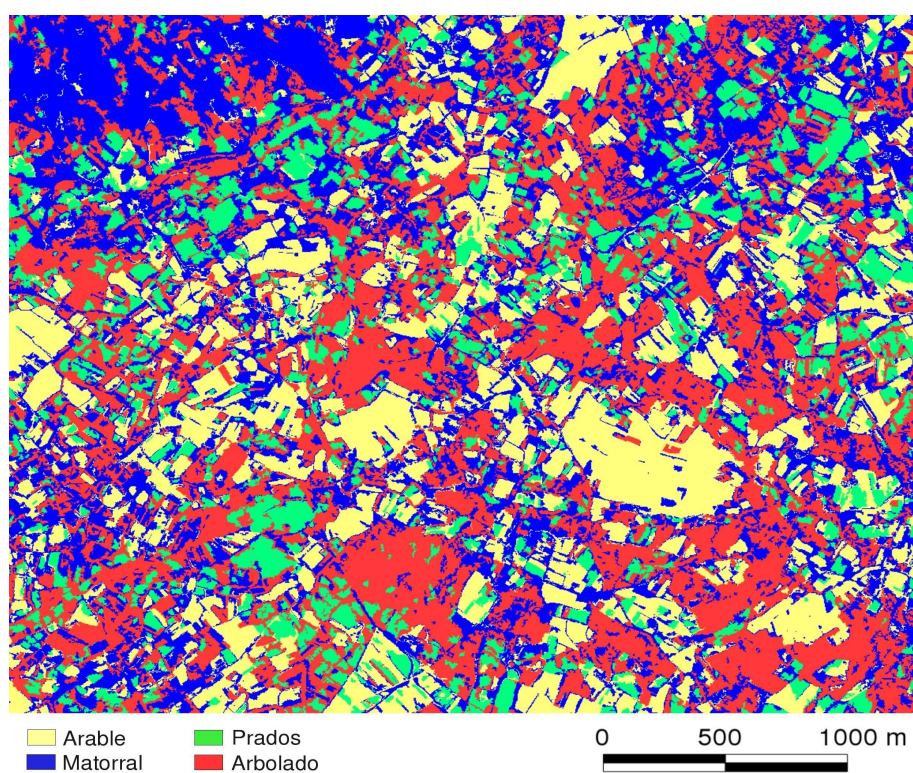


Figura 6.11. Resultados da clasificación FNAE con información textural

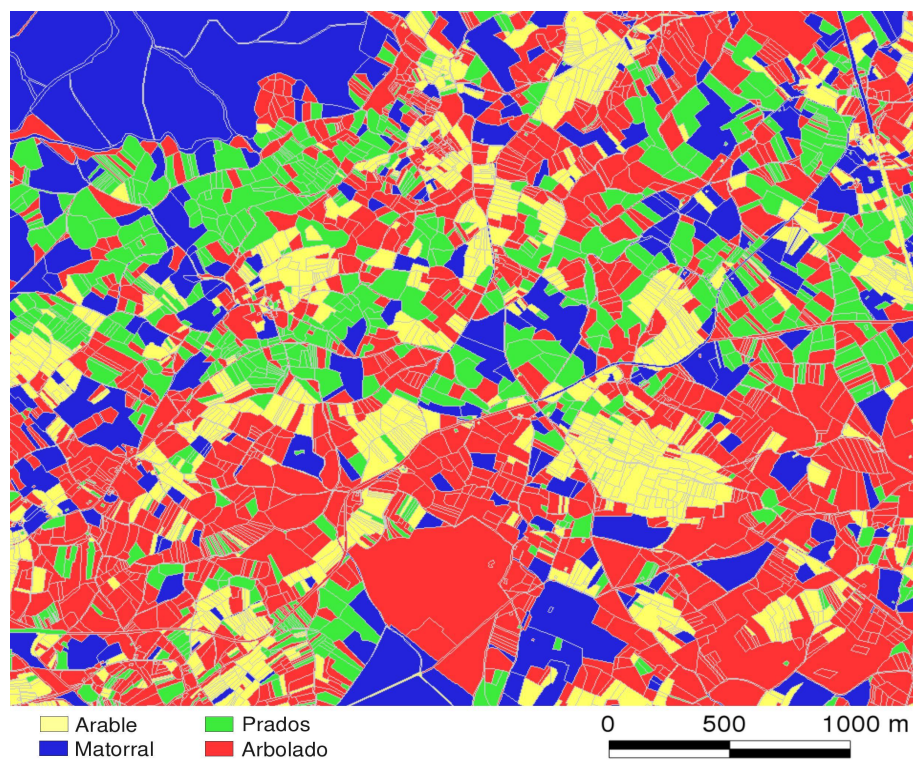


Figura 6.12. Resultados da clasificación con árboles de decisión sobre o parcelario actual

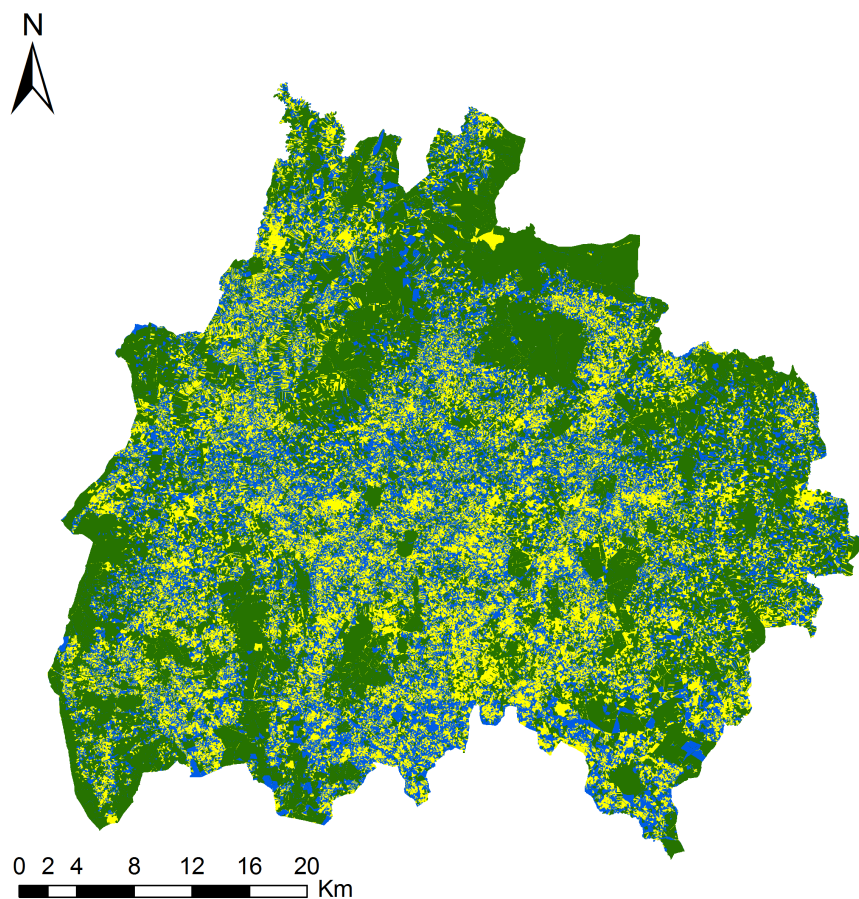


Figura 6.13. Clasificación da cuberta de 1956 utilizando árbores de decisión e o parcelario SIGPAC sobre o conxunto da comarca de Terra Chá. A lenda foi modificada para permitir a comparación co mapa obtido por mostraxe da figura 4.9 (páx. 69).

Capítulo 7

Sistemas de axuda á decisión: modelo de aptitude agrícola na Terra Chá

*“Even in this so-called «postmodern information age»,
people still must eat.”*

F. Steiner (1996)

LESA: a Guidebook for Rating Agricultural Lands. SWCS.

En capítulos anteriores atopamos evidencias que sinalan a existencia en Galicia dun proceso de diminución da superficie ocupada pola agricultura. Trátase dun proceso complexo desde o punto de vista espacial e temporal que afectou de xeito global ó conxunto da rexión pero que se concentrou especialmente nalgúns divisións administrativas a diferente escala: a escala provincial nas provincias de Pontevedra e Ourense e a escala municipal tamén en concellos situados nas provincias que aparentemente non perderon superficie agrícola. A tendencia regresiva que mostra a superficie agrícola en Galicia e os efectos negativos que se derivan desta tendencia parecen razón suficiente para a existencia de ferramentas legais encamiñadas á súa protección, máis especificamente a través da regulación dos cambios de uso permitidos e non permitidos. No momento actual existen en Galicia varias disposicións legais tendentes a protexer a terra agrícola, entre os que se atopan a Lei 9/2002 de ordenación urbanística, a Lei 7/2007 do Banco de Terras, ou a Lei 3/2007 de defensa contra incendios forestais. A súa aplicación práctica, non obstante, enfróntase a un problema de falta dun criterio unificado para a selección das áreas a protexer nos distintos concellos. Neste capítulo preséntase unha proposta de modelo de aptitude agrícola da terra que puidera ser utilizado para axudar á toma de decisións na delimitación das zonas agrícolas protexidas.

7.1. Introducción

A necesidade de preservar a superficie agrícola de xeito activo —é dicir, intervindo sobre o desenvolvemento máis ou menos natural do mercado de terras— é obxecto de debate nalgúns países desde hai máis de 40 anos, e moi especialmente nos Estados Unidos ou en Canadá (Bunce 1998, Daniels & Reed 1988, Nellis & Maca 1986, Singer et al. 1979). Aqueles debates iniciais xiraban habitualmente arredor do perigo que a progresiva expansión das urbanizacións e das infraestruturas de transporte puidera chegar a supoñer para a capacidade da nación de producir alimentos. A gravidade con que algúns dos actores implicados —incluída unha parte da comunidade científica— percibía a situación reflíctese nos títulos de moitas publicacións das décadas de 1970 e 1980 (Bunce 1998): “*Foodland: preservation or starvation*”, “*The vanishing land*” ou “*Where have all the farmlands gone*” son algúns exemplos da visión case apocalíptica que dominaba unha parte daqueles primeiros discursos partidarios da protección da terra agrícola. No extremo contrario, aqueles que se posicionaban en contra das medidas de protección sinalaban que a crecente eficiencia dos métodos de cultivo permitiría incrementar a produción de alimentos aínda no caso de diminución da superficie agrícola. O debate continúa aberto na actualidade pero entre tanto os EE.UU. dispoñen a día de hoxe dun grande abano de medidas para a conservación da superficie agrícola, tanto de carácter coercitivo como voluntario, que puideran servir de inspiración para outros países (Bengston et al. 2004). Entre estas, os programas máis eficaces en manter o uso agrícola a longo prazo son os que afectan ó dereito de urbanización, ben sexa mediante a súa compra —usualmente por parte dunha axencia gubernamental— (*Purchase of Development Rights*, PDR) ou ben pola implantación de programas de transacción —mediante a compra por parte de propietarios de zonas onde a urbanización está permitida— (*Transfer of Development Rights*, TDR). Se ben tamén existen outras figuras como os distritos agrícolas ou o *Cluster Development* (Brabec & Smith 2002, Tulloch et al. 2003). TDR e PDR constitúen algunhas das mellores opcións naquel país para protexer o solo agrícola da urbanización tanto desde o punto de vista da súa efectividade como do seu impacto social, coa única limitación da dispoñibilidade de fondos públicos ou privados para financiarlos.¹

O debate sobre a necesidade de protexer a superficie agrícola foise extendendo a moitos outros países onde esta parece amenazada. Este é o caso de varios países da Unión Europea, onde a conversión de superficie agrícola a cubertas artificiais é considerable: dos aproximadamente 13.000 km² perdidos pola agricultura entre 1990 e 2000, en torno a 8.000 km² foron urbanizados (EEA 2006a). En calquer caso, na maioría dos países o debate xa

¹Sobre a posible creación dun mercado de terra agrícola preservada, pódese consultar a Dorfman et al. (2008).

non se dirime tanto no marco da seguridade alimentaria como no dos efectos ambientais e culturais negativos que implican o abandono do uso agrícola, a intensificación extrema da agricultura e a urbanización (Koomen et al. 2008, Tan et al. 2009). Unha excepción notable a esta regra é China, que polo seu acelerado crecemento económico e demográfico percibe os procesos de urbanización como unha ameaza seria para a capacidade de alimentar á súa poboación (Lichtenberg & Ding 2008, Skinner et al. 2001).

7.1.1. O marco legal en Galicia

A diferenza do que sucede no contexto europeo, a maior ameaza para a superficie agrícola de Galicia non é precisamente a urbanización ou a construción de infraestruturas, senón a competencia doutros usos agrarios (a produción de madeira, fundamentalmente) ou o simple abandono. Isto non quere dicir, obviamente, que a competencia do uso residencial, comercial e/ou industrial non sexa forte na periferia das sete principais cidades e nalgúns zonas do litoral (as únicas áreas onde a poboación crece: ver figura 2.7 na páxina 25), pero en termos globais esta representa unha porción moi pequena da terra agrícola que se perde. Como consecuencia, os cambios de uso que é necesario regular non son exclusivamente os que implican a urbanización do territorio senón tamén os cambios cara usos forestais. A regulación dos cambios de uso dentro do marco legal do Estado e da Comunidade Autónoma está repartida en varias normas de diferente rango, das que a efectos deste traballo interesa resaltar as seguintes:

- A Lei 43/2003 (estatal) de montes (modificada pola Lei 10/2006).
- A Lei 9/2002 (autonómica) de ordenación urbanística e protección do medio rural de Galicia (modificada pola Lei 15/2004).
- A Lei 3/2007 (autonómica) de prevención e defensa contra os incendios forestais de Galicia.
- A Lei 7/2007 (autonómica) de medidas administrativas e tributarias para a conservación da superficie agraria útil de Galicia e do Banco de Terras de Galicia.
- O Decreto 105/2006 (autonómico) polo que se regulan medidas relativas á prevención de incendios forestais, á protección dos asentamentos no medio rural e á regulación de aproveitamentos e repoboacións forestais (a Lei 3/2007 de incendios, na súa disposición transitoria segunda, dispón que entanto non exista normativa de desenvolvemento derivada, permanecerá en vigor o Decreto 105/2006, excepto naqueles aspectos que a contradigan).

A Lei de montes establece a definición de monte ou terreo forestal (artigo 5) como *“aquel terreo no que vexetan especies forestais² arbóreas, arbustivas, de mato ou herbáceas, sexa espontaneamente ou procedan de sementeira ou plantación...”* O mesmo artigo, nunha enumeración posterior, inclúe na definición ós terreos ermos, rochedos, e areais, as construcións e infraestruturas destinadas ó servizo do monte, os terreos agrícolas abandonados que (cumprindo os prazos que determine a comunidade autónoma) adquiriran *signos inequívocos* do seu estado forestal, e os enclaves forestais en terreos agrícolas coa superficie mínima determinada pola comunidade autónoma.³ A Lei tamén establece (artigo 31) a figura do Plan de Ordenación dos Recursos Forestais (PORF), unha figura de planeamento sectorial a elaborar polas comunidades autónomas, cun ámbito de actuación comarcal, e que dentro das seus contidos debería incluír *“a zonificación por usos e vocación do territorio”*. Finalmente, no artigo 40 indícase que *“o cambio de uso forestal dun monte cando non veña motivado por razóns de interese xeral... terá carácter excepcional e requirirá informe favorable do órgano forestal competente...”*

A Lei 9/2002, pola súa parte, establece as categorías do solo aplicables nos Plans Xerais de Ordenamento Municipal. Entre estas categorías interéсанos particularmente a de solo rústico, definido de xeito amplo como *“aquel que deba ser preservado dos procesos de desenvolvemento urbanístico”* (artigo 15) e de xeito máis particular como:

“os terreos sometidos a un réxime específico de protección incompatible coa súa urbanización, os que presenten relevantes valores naturais, paisaxísticos, produtivos, históricos, arqueolóxicos... os que tendo sufrido unha degradación dos seus valores deban protexerse a fin de facilitar eventuais actuacións de recuperación, os ameazados por riscos naturais ou tecnolóxicos incompatibles coa súa urbanización (inundacións, erosión, afundimento, incendios) e os que o plan xeral considere inadecuados para o desenvolvemento urbanístico.”

A maiores, dentro do solo rústico contémpanse ata oito categorías de protección especial (artigo 32): (1) protección agropecuaria, (2) forestal, (3) de infraestruturas, (4) de augas, (5) de costas, (6) de espazos naturais, (7) paisaxística e (8) patrimonial. Dado que unha das ameazas que destacamos para a conservación da SAU en Galicia é a competencia co uso forestal, interesa prestar atención especial á definición das correspondentes categorías de protección. Así, o solo rústico de protección agropecuaria estaría constituído:

²De acordo co artigo 6, especie forestal é toda aquela que non é característica *de forma exclusiva* do cultivo agrícola.

³Modificación introducida pola Lei 10/2006.

“polos terreos de alta produtividade agrícola ou gandeira, posta de manifesto pola existencia de explotacións que a avalen ou polas propias características ou potencialidade dos terreos ou das zonas onde se enclaven, así como polos terreos... concentrados con resolución firme producida nos dez anos posteriores á data de aprobación da lei.”

Pola contra, o solo rústico de protección forestal estaría constituído

“polos terreos destinados a explotacións forestais e os que sustenten masas arbóreas que deban ser protexidas... e igualmente por aqueles terreos de monte que, aínda cando non sustenten masas arbóreas, deban ser protexidos... e en todo caso polas áreas arbóreas formadas por especies autóctonas, así como por aquelas que sufrisen os efectos dun incendio a partir da entrada en vigor da lei ou nos cinco anos anteriores a ela. Igualmente considéranse solo rústico de protección forestal aquelas terras que declare a administración competente como áreas de especial produtividade forestal e os montes públicos.”⁴

A definición teórica do solo rústico de protección agropecuaria, e a súa delimitación na práctica, é de especial relevancia para o desenvolvemento da Lei 7/2007: ós efectos desta última o solo rústico de protección agropecuaria equipárase ó concepto de superficie agraria útil (artigo 3) e polo tanto é o ámbito natural de actuación do Banco de Terras de Galicia.

Os aspectos relacionados coas autorizacións de cambios entre uso agrícola e uso forestal están regulados no Decreto 105/2006 e na Lei 3/2007. A lei establece con carácter xeral (artigo 25) a prohibición das repoboacións forestais en zonas dedicadas a labradío, cultivo, prados ou pastos, excepto cando exista un plan de ordenación de cultivos ou forestal, caso no que será preciso solicitar autorización e só se poderán utilizar frondosas caducifolias ou especies autóctonas. Este artigo da lei é practicamente igual ó artigo 28 do Decreto 105/2006 (ó que substitúe), coa excepción de que este último expresaba de xeito explícito que:

“non se poderán mudar os usos primarios dos terreos recollidos nos plans xerais de ordenación municipal, ou aqueles que tradicionalmente se veñan realizando nunha zona concreta aínda que non estea así recollido nos devanditos plans xerais.”

⁴Inicialmente a Lei prevía a consideración automática de solo rústico de protección forestal para tódolos montes veciñais en man común, pero foi posteriormente modificada de xeito que o equipo redactor pode incluír parte ou a totalidade do monte veciñal en calquera outra categoría de solo rústico protexido que considere adecuada.

O cambio inverso aparece regulado no artigo 40 da lei (equivalente ó artigo 3 do decreto), e esixe autorización administrativa para a implantación de cultivos agrícolas ou pasteiros en terreo forestal.

En resumo, pódese observar que a lexislación sobre zonificación de usos e autorización de cambios se apoia en grande medida no uso actual (ou na cobertura actual) da terra. En particular, o ámbito de aplicación da Lei de Montes está circunscrito ás zonas onde a cobertura actual é de vexetación forestal (definida esta por un criterio algo ambiguo de “non exclusiva do cultivo agrícola”), de xeito que se considera monte ós terreos agrícolas abandonados unha vez pasa o tempo suficiente para que a vexetación espontánea se estableza (“signos inequívocos de estado forestal”) ou despois dun período de tempo que a comunidade autónoma podería fixar (pero que en Galicia non foi establecido). A Lei 9/2002 tamén se basea fundamentalmente no uso actual para diferenciar o solo rústico de protección agropecuaria (terreo de alta produtividade posta de manifesto pola *existencia de explotacións*) do de protección forestal (os que sustenten masas arbóreas, os terreos a mato). Sen embargo, a redacción desta lei deixa espazo para certa flexibilidade: así, a zona de protección agropecuaria podería incluír zonas de alta produtividade agrícola ou gandeira posta de manifesto *polas características ou potencialidade* dos terreos (sen mención explícita ó uso actual); e por outra parte, certas masas forestais ou terreos de monte que non *deban* ser necesariamente protexidas en virtude de valores ecolóxicos, paisaxísticos ou outros, poderían ser excluídas do solo de protección forestal. Neste mesmo sentido de flexibilizar a aplicación, a Lei de Montes tamén admite incluír no solo agrícola os enclaves de masa arbórea que non superen unha certa dimensión.

O mesmo espírito de “conxelar” a paisaxe pola vía de restrinxir os cambios de uso tamén está presente no Decreto 105/2006 e na Lei 3/2007. No Decreto 105/2006 en particular é interesante a referencia ó uso “tradicional” do terreo porque na nosa opinión é aquí onde se sitúa grande parte do problema: o uso actual é en moitas zonas moi diferente do que tradicionalmente se producía. Das modificacións sufridas pola paisaxe tradicional, as que máis afectaron ás explotacións en activo foron a forestación de terras de cultivo e o crecemento da vexetación espontánea como consecuencia do abandono total. Polo tanto, unha zonificación do territorio que se limitase a seguir os límites actuais dos usos forestal e agropecuario non faría máis que perpetuar, en moitas zonas de Galicia, unha situación anómala que ten fortes repercusións de tipo ambiental, social e paisaxístico. É necesario propoñer criterios e modelos que permitan, respectando o mellor posible o uso actual do territorio, realizar unha delimitación dos espazos agropecuario e forestal que sexa tamén respectuosa co uso tradicional, co uso racional e equilibrado do territorio (tamén desde o punto de vista da seguridade fronte a incendios forestais e outros perigos naturais) e coa demanda estimada de terra de cada área xeográfica.

7.1.2. Obxectivos

Este capítulo ten como obxectivo propoñer un sistema de axuda á decisión espacial para facilitar a delimitación do solo rústico de protección agropecuaria e de protección forestal a nivel parroquial ou municipal, baseándose na experiencia existente en Galicia e no exterior e nas análises das que dispoñemos sobre os cambios de uso ocorridos na área de estudio. Incidentalmente, o sistema desenvolvido pode ser lixeiramente adaptado para contribuír ás decisións estratéxicas do Banco de Terras pola vía de estimar a cantidade e calidade das terras susceptibles de ser mobilizadas e incorporadas ó Banco.

En ámbolos dous casos descritos, o sistema de axuda á decisión pretende establecer unha oferta dispoñible de terras para o uso agrícola ou gandeiro, avaliadas a nivel de parcela individual. A delimitación do solo rústico de protección agropecuaria viría dada pola suma das parcelas mellor valoradas polo sistema ata acadar unha superficie total establecida por medios externos a el. A oferta de terras mobilizables polo banco viría dada pola superficie e puntuación das parcelas actualmente en desuso (cubertas por mato). A escala de síntese municipal ou parroquial cumpre unha función fundamental en ambos produtos finais.

7.1.3. Sistemas de axuda á decisión

A solución de problemas de localización é habitualmente unha tarefa complexa que implica ter en conta un grande número de factores, moitos dos cales interactúan entre si e están distribuídos no espacio de xeito heteroxéneo. Neste contexto, a toma de decisións resulta moi beneficiada da implementación de modelos en sistemas informáticos que presenten a información de xeito accesible. Entre as tecnoloxías dispoñibles para facilitar esta tarefa destacan dúas: os sistemas expertos e ós sistemas de axuda á decisión (*Decision Support System*, DSS).⁵

Un sistema experto pode ser definido como unha aplicación informática que contén suficiente coñecemento relevante acerca de obxectos, situacións e accións como para imitar ou replicar o proceso de razonamento de expertos humanos dentro do contexto dun problema que en xeral é ben coñecido e está ben estruturado. A creación dun sistema experto require, entre outras cousas, que o problema a solucionar estea definido de xeito conciso, que teña unha solución “estándar” (estruturado) e que existan expertos na cuestión que poidan aportar o coñecemento co que alimentar ó sistema ([Witlox 2005](#)). A decisión espacial e o planeamento adoita ser un campo no que algunhas desas condicións non se cumpre, xa que conflúen nel diferentes disciplinas (i.e. non existe unha solución “estándar”), é moi amplo desde o punto con-

⁵Unha revisión das tecnoloxías dispoñibles para o manexo de información e a toma de decisións pode verse en [Liao \(2003\)](#).

ceptual, e está afectado por continuos cambios no contexto social, económico, tecnolóxico e lexislativo nos que se desenvolve (co que a propia definición do problema cambia co tempo).

Un DSS, pola súa parte, pode ser definido como “*un sistema interactivo que axuda ós encargados de tomar unha decisión a utilizar datos e modelos que solucionan problemas non estruturados*” (Gorry & Morton 1971). Os DSS son unha boa alternativa para a solución dos problemas de localización espacial, nos que a falta de estrutura pode deberse ás dificultades para (a) establecer os criterios ou variables que son relevantes para a solución, (b) especificar os pesos relativos das variables, (c) especificar condicións a priori sen coñecer as consecuencias que implican, ou (d) capturar tódolos datos de relevancia a unha escala suficientemente detallada para a solución do problema (Witlox 2005). As variantes de DSS especificamente concebidas para contribuír á solución de problemas espaciais recibe o nome xenérico de sistemas de axuda á decisión espacial (SDSS). A capacidade do sistema para axudar á decisión pode manifestarse en varias formas diferentes, desde a máis simple de presentar a información necesaria e na forma axeitada en cada fase do proceso, ata os sistemas máis complexos que poden presentar varias alternativas de decisión final. En definitiva, os sistemas expertos e os sistemas de axuda á decisión non só son axeitados para diferentes entornos operativos senón que dan resposta a diferentes cuestións: así, os primeiros respostan a preguntas do tipo “¿que se debe facer?” ou “¿por que sucede...?”, mentres que os segundos respostan á cuestións como “¿que pasaría se...” ou “¿cales son as opcións?” (Witlox 2005).

Os compoñentes imprescindibles dun DSS son fundamentalmente tres (Makowski & Wierzbicki 2000): (a) unha base de datos, (b) un modelo ou conxunto de modelos, e (c) unha interface co usuario final. Estes autores propoñen unha secuencia lóxica das diferentes fases no seu proceso de creación:

Fases iniciais

- Identificación do problema: discusión de alternativas acerca de cal é realmente o problema a solucionar, que tipo de datos son necesarios e que modelo pode ser máis axeitado.
- Deseño do modelo: creación dun ou varios modelos alternativos, captura de datos, estimación dos parámetros do(s) modelo(s).

Fases intermedias

- Análise do(s) modelo(s): axuste dos parámetros do modelo, optimización para varios obxectivos (se fose o caso), análise de sensibilidade.
- Xeneración de opcións e preselección: xeneración de diferentes solucións posibles para o problema ou *escenarios de decisión*.

Fases finais

- Selección: selección dunha solución final para o problema.
- Implementación: aplicación da solución e seguemento dos seus efectos, coa posibilidade de voltar a calquera das fases anteriores.

Unha das conclusións relevantes que podemos tirar da enumeración anterior é o feito de incluír a propia identificación do problema dentro do deseño do DSS, o que concorda coa orientación que este ten de xeito preferente a problemas non estruturados e pobremente definidos. En segundo lugar, establécese que os modelos xenerados no transcurso do deseño do DSS deben ser sometidos a unha análise de sensibilidade que permita coñecer a influencia dos diferentes factores e parámetros considerados, e que esta fase deba ter lugar antes da xeneración de alternativas ou escenarios de decisión. Finalmente, interesa destacar que o proceso pode converterse en cíclico e deba permitir a volta a fases anteriores en calquera momento.

Na realidade, sen embargo, os DSS desenvolvidos non sempre se adaptan tan ben ás fases descritas nin ás expectativas que deles se teñen e polo tanto acusan un baixo nivel de implantación. Existe un interesante debate sobre a verdadeira utilidade práctica dos DSS, especificamente para os DSS para explotacións agrícolas individuais (*farming DSS* ou *agricultural DSS*) pero que puidera ser facilmente extensible ós DSS para a planificación dos usos do solo. Neste debate, [Matthews et al. \(2008\)](#) argumentan que os DSS terían pasado por sucesivas fases de *incredulidade* nos seus primeiros pasos, *euforia* acerca das aparentemente ilimitadas posibilidades que ofrecían, e *desilusión* cando aquelas posibilidades non se realizaron na práctica. [McCown \(2002b\)](#) expresa esta desilusión de xeito simple:

“The pure DSS idea is elegant — easy-to-use software on a computer readily accessible to a manager to provide interactive assistance in the manager’s decision process... But review of 30 years of DSS R&D shows that the reality has been more chaotic than elegant.”

Unha das obxeccións ó modo en que os DSS teñen sido desenvolvidos alude a un excesivo énfase na parte tecnolóxica (os algoritmos, modelos, regras de decisión) e un esforzo relativamente menor en asegurar tanto a credibilidade que presenta para os usuarios finais como a correcta integración no proceso de toma de decisións que pretende apoiar ([Matthews et al. 2008](#), [McCown 2002b](#), [Uran & Janssen 2003](#)). Parte desa falta de credibilidade puidera tamén estar relacionada con expectativas iniciais pouco realistas en relación coas posibilidades reais do sistema ([Matthews et al. 2008](#)), ou co feito de que a complexidade do DSS o convirte nunha caixa negra cun funcionamento interno que o usuario non pode coñecer ou comprender axeitadamente ([McCown 2002a](#)). Noutros casos a utilización do DSS require

moito esforzo por parte do usuario final, por exemplo para a xeneración de alternativas (Uran & Janssen 2003). Unha conclusión derivada destas obxeccións apunta á conveniencia de elaborar sistemas ou modelos que primen a simplicidade (tanto no plano conceptual como no operativo) e a facilidade de comprensión, que se adecúen especificamente ós requisitos e necesidades do marco de decisión concreto, e dos que non se formulen expectativas que vaian máis alá do razoable.

7.1.4. Modelos de avaliación da terra

O núcleo dun sistema de axuda á decisión espacial para a planificación dos usos da terra adoita estar constituído por un módulo de avaliación da terra, que polo xeral considera a súa aptitude (*land suitability*) ou idoneidade para un uso determinado (FAO 1976). Existen múltiples métodos e modelos para a avaliación de terras (unha revisión exhaustiva pódese consultar en Santé Riveira & Crecente Maseda 2006), desde aqueles que consideran exclusivamente factores edáficos (usualmente os métodos máis antigos) ata os que incorporan variables socioeconómicas. Dentro do grupo de métodos centrados principalmente na compoñente edáfica é interesante destacar a clasificación da capacidade da terra (*Land Capability Classification*, LCC) do Departamento de Agricultura dos EEUU (Klingebiel & Montgomery 1961) pola súa ampla difusión en numerosos países, entre eles España (Ministerio de Agricultura 1974) e Portugal, baixo os nomes de Mapa de Clases Agrológicas e Carta de Capacidade de Uso respectivamente. A LCC é un sistema de clasificación que ten as súas orixes nos traballos de H. Bennet como director do *Soil Erosion Service*⁶ do Departamento de Agricultura dos EE.UU. (USDA) desde a década de 1930 (Helms 1992). Isto significa que cando en 1961 foi estandarizada na súa forma definitiva a LCC era o resultado dunha longa historia de experimentación, pero tamén que desde a súa concepción estivo orientada á prevención dos procesos erosivos derivados da práctica da agricultura: o sistema divide os solos en oito grandes categorías que indican o uso agrario máis intensivo posible ó que poden ser sometidos de maneira sostida e sen problemas de erosión. As oito categorías definidas son: as tres primeiras (1-3) aptas para cultivo intensivo, as intermedias (4-6) aptas para prados e pastizais, e as últimas (7 e 8) para aproveitamento forestal como máximo. A xeneralización que implicaba a propia orientación da clasificación, e o propio concepto de *capacidade da terra* foi desde os inicios materia de discusión entre os diferentes servizos do USDA (Kellogg 1951). A LCC continúa sendo utilizada na actualidade no noso entorno cercano, en particular para a delimitación da chamada *Reserva Agrícola Nacional* de Portugal, constituída pola suma das superficies clasificadas nas categorías

⁶Desde 1935 *Soil Conservation Service* e actual *Natural Resources Conservation Service*.

A, B e Ch da Carta de Capacidade do Solo.⁷ Non obstante, os mapas de capacidade presentan certas limitacións: por exemplo, entre os inconvenientes que se lle mencionan á versión española dos mapas de capacidade está o feito de tratarse dunha clasificación excesivamente simplificada que non responde necesariamente ás moi diversas esixencias dos diferentes tipos de cultivo, que non contempla a posibilidade de mellora das características do solo mediante medidas correctoras, e que non ten en conta a influencia do clima (Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres 1984).

Para superar as limitacións da LCC ou simplemente para adaptarse ás necesidades de cada caso, cara 1970 moitos países tiñan elaborado o seu propio sistema de avaliación de terras. A grande variedade de aproximacións existentes facía recomendable un traballo de síntese e normalización: este foi acometido pola organización das Nacións Unidas para a Agricultura e a Alimentación (FAO) nun proceso de debate e intercambio de ideas que culminou en 1976 coa publicación de *A Framework for Land Evaluation* (FAO 1976). A importancia desta aportación non se debe ó feito de propoñer un método universal de avaliación, senón a que estableceu de xeito explícito unha serie de principios xerais que deberan ser considerados en calquera proceso de avaliación de terras: o feito de que a aptitude se define tendo en conta os requirimentos de cada uso concreto, a necesidade dunha aproximación multidisciplinar mediante a incorporación de criterios sociais e económicos, ou a idea de separar as fases de avaliación de terras (aptitude para un número de usos previamente definidos) e a asignación de usos ó territorio (planificación).

O traballo de maior envergadura realizado en Galicia segundo a metodoloxía FAO é o de Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres (1984), publicado baixo o título “*Capacidad productiva de los suelos de Galicia*”. O traballo foi elaborado a unha escala de síntese de 1:200.000, a partir de mapas de solos e xeolóxicos (1:200.000), mapas topográficos (1:50.000), fotos aéreas (1:40.000) e datos de 124 estacións termopluviométricas. No proceso de traballo obtivéronse mapas intermedios como un mapa de pendentes (1:50.000) e mapas de risco de xeadas e déficit de precipitación (1:200.000). A clasificación divide os parámetros utilizados para definir unha clase de solo en dous grupos: os “moi dificilmente mellorables” (mecanización, enraizamento e risco de erosión, e temperaturas), e os “mellorables” (réxime hídrico, nutrientes, toxicidade). Deste modo cada unidade de solos queda definida por unha primeira letra indicativa do primeiro grupo, outra que se refire ó segundo, e varios subíndices que indican a dispoñibilidade de auga, nutrientes,

⁷A RAN foi declarada polo Decreto-Lei 196/89, como a suma de tódalas áreas incluídas nas tres primeiras clases (A, B, e Ch) dos mapas de capacidade do solo a escala 1:25.000. Coa aprobación do Decreto-Lei 73-2009 unha nova cartografía do solo realizada con criterios da FAO substitúe ás cartas de capacidade na delimitación da RAN, pero na práctica estas últimas continúan a ser a referencia na maior parte do país onde a nova cartografía aínda non foi elaborada.

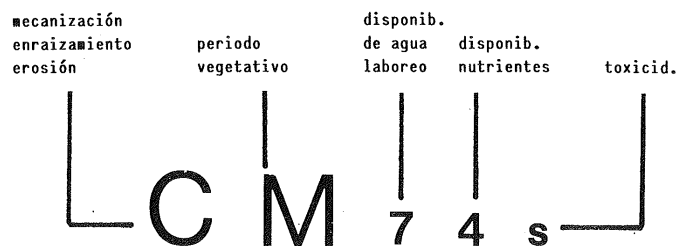


Figura 7.1. Códigos da clasificación da capacidade produtiva do solo empregados por Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres (1984).

e presenza de toxicidades (figura 7.1).

Sen embargo, voltando á definición de aptitude (*suitability*), Rossiter (1996) propón “a adecuación da terra para un tipo de utilización... ou o grao no que satisfai ó seu usuario.” É dicir, no concepto de aptitude podemos incluír criterios de localización, proximidade, adxacencia ou outros, que van máis alá da mera avaliación de terras desde os puntos de vista climático e edafolóxico.

LESA

O sistema *Land Evaluation and Site Assessment* (LESA) foi deseñado especificamente para identificar, a escala local ou subrexional, as mellores terras de cultivo (Pease & Coughlin 1996). A pesar de englobarse xenericamente na metodoloxía FAO, LESA está enfocado a un uso agrícola xeral e polo tanto aproxímase conceptualmente ós mapas de capacidade da terra. No contido e no espírito de LESA pódense identificar varias influencias significativas: por un lado é herdeiro directo do debate sobre a necesidade de protexer a terra agrícola que presentamos nos primeiros parágrafos deste capítulo, por outra parte segue de xeito xeral as recomendacións da FAO para a avaliación de terras. Ademais, foi desenvolvido polo mesmo servizo que a LCC (o antigo *Soil Conservation Service*). A súa orixe sitúase nun sistema de taxación da terra agrícola utilizado por un condado do estado de New York entre 1971 e 1979, que foi xeneralizado para o resto do país durante a década de 1980. Unha consecuencia particularmente interesante que resulta da súa orixe é que o sistema está pensado para ser aplicado a nivel de parcela individual. O sistema pretende ter en conta non só os aspectos directamente relacionados coas características do solo (a parte de *land evaluation*) senón tamén outros factores que inflúen na práctica da agricultura (*site assessment*). Os criterios e puntuacións non teñen por que ser uniformes para tódalas áreas do país, senón que poden ser adaptados ás circunstancias locais (os sistemas desenvolvidos por cada estado ou goberno local poden ser certificados polo *National Resources Conservation Service*,

co que pasarían a ser utilizados nesa división administrativa tamén polo goberno federal). Aínda que foi concebido principalmente para ser aplicado á valoración de terras agrícolas, o sistema pode ser aplicado a outros usos do solo. Os principais pasos na elaboración dun LESA son:

- Designar un comité de redacción.
- Especificar un ou varios factores para avaliar a calidade do solo (para a parte de Land Evaluation).
- Especificar outros factores non relacionados co solo (para a parte de Site Assessment).
- Desenvolver unha escala de puntuacións para cada factor.
- Asignar pesos relativos a cada un dos factores.
- Combinar as puntuacións dos diferentes factores tendo en conta os pesos asignados.
- Preparar umbrais de decisión para a puntuación final.

Dentro do apartado de avaliación da terra, o sistema LESA permite utilizar tanto un modelo desenvolvido especificamente para esta aplicación, como algún xa existente. Sen embargo, desaconséllase a utilización en exclusiva das clases de capacidade, porque cada unha das súas clases inclúe tipos de solos relativamente diferentes e porque estas clases non teñen en conta os custos que implica superar as súas limitacións para a produción.

No apartado de avaliación da localización o protocolo diferencia entre tres posibles categorías: (a) factores non relacionados co solo que inflúen sobre a produtividade da terra, (b) factores relacionados coa presión de urbanización, (c) factores doutros tipos, como históricos ou culturais. En función dos obxectivos concretos de cada caso, admítase que se incorporen variables de algunha ou tódalas categorías mencionadas, e para a incorporación das dúas últimas categorías propóñense varias aproximacións posibles: utilízalas por separado, utilízalas como unha bonificación ou penalización adicional sobre a puntuación final, ou intégralas plenamente dentro da análise multicriterio. Como criterio xeral recoméndase a utilización de entre 3 e 10 variables para a avaliación da localización, tendo en conta que cantos máis factores se incorporen, maior será o custo do sistema e maior a dificultade para explicar os resultados á poboación ([Pease & Coughlin 1996](#)).

Variables utilizadas

O tipo de variables empregadas en estudos de avaliación de terras e aptitude agrícola é moi variado. Unha parte importante deste conxunto son as variables referentes ás características edáficas. A ausencia de datos edáficos

a escala detallada foi e continúa a ser un dos condicionantes máis importantes, e a súa consecuencia máis obvia é que a escala de traballo utilizada é normalmente moi grosa: 1:200.000 en [Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres \(1984\)](#), unidades de decenas de miles de hectáreas en [De la Rosa et al. \(2009\)](#), 1:100.000 nos últimos mapas de aptitude da Dirección Geral da Agricultura e do Desenvolvemento Rural en Portugal. É significativo que aínda no caso de modelos capaces de xenerar resultados a escalas moi detalladas como é o caso de MicroLEIS ([De la Rosa et al. 2004](#)), a falta de información forza unha escala de traballo real moito máis grosa ([De la Rosa et al. 2009](#)) a pesar de tratarse de traballos de investigación —nos que a información dispoñible é habitualmente maior e máis detallada que nun contexto operativo—. Por outra parte, os custos de adquisición dos datos necesarios para alimentar os modelos máis detallados resultarían seguramente prohibitivos para o planeamento municipal.⁸ A proposta de LESA neste sentido é utilizar como datos edáficos os mapas existentes, aínda que a escala non sexa excesivamente detallada. No caso de Galicia, isto reduce as opcións a dúas: o mapa de Capacidade Productiva dos Solos de Galicia de [Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres \(1984\)](#) ou o Mapa de Clases Agrolóxicas do Ministerio de Agricultura.⁹ A escala do primeiro é de 1:200.000 pero débese ter en conta que a escala de traballo utilizada na súa elaboración foi de 1:50.000, a mesma que a do Mapa de Clases Agrolóxicas.

Respecto do módulo de avaliación da localización, algunhas das variables consideradas son o uso actual, o tamaño da parcela, o tamaño da explotación, o uso das parcelas veciñas, a presión de urbanización, o prezo da terra, ou algunhas características de manexo das explotacións ([Brabec & Smith 2002](#), [Tulloch et al. 2003](#)). Outros traballos ([SWRPC 2008](#)) incorporan o tamaño de parcela, o tamaño do bloque de uso agrícola continuo, a compatibilidade cos usos adxacentes, ou a distancia ás áreas previstas de expansión urbana. Neste punto pódense considerar tamén as variables que foron identificadas como significativas na modelización dos cambios de cuberta na comarca da Terra Chá (capítulo 5): altitude, pendente, radiación solar, adxacencia a cursos de auga, forma e tamaño da parcela, distancia ós núcleos de poboación, ou adxacencia a vías de comunicación.

⁸Unha comparación entre o grao de detalle na adquisición de datos edáficos, o custo asociado e a fiabilidade da estimación da produtividade da terra pódese consultar en [Manna et al. \(2009\)](#). Destaca o feito de que a mellor correlación atopada entre produción de millo e clases de aptitude oscilaba arredor de 0,60, e iso para custos asociados de cerca de 5000 €/km².

⁹O mapa de solos de Galicia a escala 1:50.000 só está dispoñible polo momento para a maioría da provincia de A Coruña e unha pequena parte da de Pontevedra: http://www.siam-cma.org/siam/template_cartografia.jsp?page=solos.jsp.

Análise de sensibilidade

En calquera exercicio de modelización a validez dos modelos xenerados debería ser sometida a probas que permitan ter unha idea da fiabilidade dos seus resultados. O concepto de análise de sensibilidade inclúe unha serie de métodos polos cales se avalían os efectos no resultado do modelo provocados por variacións sistemáticas das variables de entrada. Deste modo, a influencia de cada variable na saída do modelo pode ser valorada de modo cuantitativo e cualitativo: o primeiro permite obter información sobre a porcentaxe de varianza dos resultados do modelo que é explicada por cada factor, mentres que o segundo permite identificar os factores máis relevantes dentro dun sistema con moitos de pouca influencia (Cariboni et al. 2007, Qureshi et al. 1999). Dado que o modelo que se propón neste traballo ten como finalidade a valoración da aptitude para o uso agrícola ou gandeiro de cada parcela en relación coas demais e segundo unha escala definida de modo arbitrario, a validación do modelo non se referirá ás puntuacións concretas senón á orde na que se sitúan as diferentes parcelas: a análise de sensibilidade deberá, polo tanto, avaliar a robustez da clasificación relativa (a orde na que se clasifican) das diferentes parcelas fronte á variación das puntuacións asignadas e os pesos relativos das variables de entrada.

A aplicación práctica da análise de sensibilidade consiste nos casos máis simples na experimentación cos pesos e puntuacións asignados, co que resulta un conxunto de pseudo-escenarios que permiten a comparación dos resultados (Geneletti 2007, Geneletti & van Duren 2008, Qureshi et al. 1999). Outro dos métodos comunmente aplicados é o de variar un factor en cada ocasión (*One at-a-time techniques*, OAT), o que ten o inconveniente de tratarse dunha técnica que non explora o rango total de variación do modelo e resulta pouco recomendable en comparación con outras técnicas de base estatística, pero aceptable cando o modelo é lineal (Crosetto et al. 2000, Saltelli et al. 2006). Por outra parte, existen outras técnicas que exploran a aportación das diferentes variables ós resultados finais do modelo a través da varianza total que explican. Entre estas pódense incluír os coeficientes de regresión estandarizados (*Standardized regression coefficients*, SRC), válidos para modelos que poidan ser aproximados mediante regresión lineal múltiple, ou o *Extended Fourier Amplitude Sensitivity Test* (FAST) útil para modelos non lineais, ambos baseados en técnicas de remostraxe (*bootstrap*) e dispoñibles —entre outros— no paquete “sensitivity” para R (Pujol 2008).

Como norma xeral a análise de sensibilidade lévase a cabo de forma conxunta cunha análise de incertidume previa (figura 7.2), pensada para explorar a distribución teórica dos resultados do modelo a partir das distribucións dos factores de entrada obtidas mediante simulación (p.ex. Crosetto et al. 2000, Saltelli et al. 2006). Nun caso como o que nos ocupa, no que os valores dos factores se traducen a puntuacións antes de ser introducidos no modelo, os valores extremos das variables de entrada son irrelevantes xa que

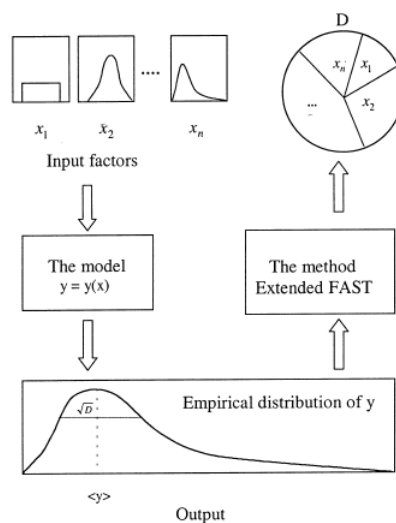


Figura 7.2. Esquema dunha análise conxunta de incertidume e sensibilidade. A figura exemplifica a combinación dunha análise de incertidume (a columna da esquerda) que explora a distribución teórica da saída do modelo, e unha análise de sensibilidade (a columna da dereita) que investiga a influencia de cada variable de entrada no resultado final (Tomado de [Crosetto et al. 2000](#)).

o espacio de traballo das puntuacións asignadas sempre se mantén entre 0 e 100.

7.2. Materiais e métodos

7.2.1. Variables seleccionadas

As variables que seleccionamos para o modelo foron agrupadas, a semellanza do proposto na metodoloxía LESA, en variables relacionadas coa produtividade da terra e variables de tipo estrutural e de localización (táboa 7.1). Dentro do primeiro grupo incluímos catro factores, relacionados cos obxectivos do modelo de (1) preservar o uso agrícola nos solos de maior calidade, (2) maximizar a produción e (3) minimizar a erosión debida ó uso. O primeiro dos obxectivos intenta ser satisfeito incorporando a variable de capacidade produtiva do solo, tomada da publicación de [Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres \(1984\)](#). A escala de publicación (1:200.000, aínda que a escala de traballo na súa elaboración era 1:50.000) é pouco detallada para os obxectivos deste traballo, pero aínda así consideramos que aporta unha información moi relevante xa que é unha das poucas fontes dispoñibles neste momento para avaliar o tipo de solo. Por outra parte, destaca que non incluímos no modelo ningunha variable relacionada co clima, e isto é debido a que as clases de capacidade produtiva xa incorporan as características de risco de

Táboa 7.1. Variables para o LESA

Obxectivo	Variable	Peso
Avaliación de terras (LE)		60 %
Preservar uso agrícola nos solos de maior calidade	Capacidade produtiva	20 %
Maximizar produción	Insolación	10 %
	Altitude	10 %
Minimizar erosión	Pendente	20 %
Avaliación da localización (SA)		40 %
Evitar continuidade de combustible arredor dos núcleos de poboación	Distancia a núcleos	5 %
Minimizar efectos negativos da veciñanza de arborado	Veciñanza arborado	10 %
Recuperar paisaxe tradicional	Uso pasado	10 %
Facilitar operacións	Tamaño de parcela	5 %
	Forma de parcela	5 %
	Adxacencia a vías	5 %

xeadas e déficit hídrico. As variables “altitude” e “insolación” introducíronse por estar relacionadas coa produtividade agrícola e resultar identificadas como correlacionadas cos procesos de cambio de uso en capítulos anteriores. Con todo, existen certas reservas que se deben facer ó respecto: a insolación corresponde á radiación solar total teórica recibida no solsticio de inverno (calculada segundo o método explicado no capítulo 5): unha variable que toma valores elevados nas ladeiras de orientación sur, valores pequenos nas ladeiras de orientación norte, e valores intermedios nas zonas de pouca pendente. Por outro lado, a altitude está relacionada indirectamente coa calidade dos solos e coas variables de precipitación e temperatura, pero calquera destes tres aspectos está xa incluído na capacidade produtiva: a inclusión da altitude responde principalmente ó feito de que a análise de cambios do solo ocorridos na comarca durante o último medio século mostrou que as áreas situadas a maior altitude foron as que perderon máis poboación e superficie agrícola. Por último, aínda que a variable “pendente” está tamén considerada no mapa de capacidade produtiva, a súa inclusión no modelo (tomada directamente dun modelo dixital do terreo) serve para incrementar o nivel de detalle espacial dos resultados.

As variables incluídas no segundo módulo tamén foron seleccionadas por pertencer ó grupo de variables significativas detectadas no capítulo 5. Cada unha delas intenta satisfacer un obxectivo concreto do modelo: (1) evitar a continuidade de biomasa combustible na proximidade dos núcleos de poboación, (2) minimizar a veciñanza con áreas actualmente arboradas, (3) recuperar onde sexa posible o uso pasado da terra e (4) primar ás parcelas con mellores características estruturais (forma, tamaño, acceso). Aínda que o proceso de obtención da maioría das variables xa apareceu con anteriori-



Figura 7.3. Porcentaxe de perímetro compartido con arborado.

dade, algunha delas é nova e cómpre explicar algúns aspectos sobre a súa elaboración: este é o caso das variable “veciñanza con arborado” e “uso pasado”. Para o cálculo da primeira partiuse dunha xeneralización do uso de cada parcela: xa que o uso actual codificado no SIGPAC aparece a nivel de subparcela (recinto) o primeiro paso consistiu en asumir que tódalas parcelas cubertas por arborado (códigos FO e PR do SIGPAC) en máis dun 50 % se poderían considerar parcelas arboradas. A partir desa xeneralización, o proceso de cálculo consistiu en calcular, para cada unha das parcelas da comarca, a porcentaxe do seu perímetro que comparten con parcelas arboradas (figura 7.3). O obxectivo desta variable é reducir a puntuación daquelas parcelas que se atopen rodeadas de arborado. Por outra parte, o uso pasado de cada parcela resulta de aplicar unha clasificación do parcelario mediante árbores de decisión e datos da fotografía aérea de 1956-1957 (figura 6.13, páxina 125).

Outras variables detectadas como significativas no capítulo 5 non foron incluídas aquí. A razón é que a inclusión de variables no modelo non só debe responder á relevancia das variables nos procesos de cambio senón tamén ó fin que o modelo persegue. Este é o caso da proximidade a cursos de auga: aínda que foi identificada como relevante na análise dos cambios

de uso do solo, a súa inclusión provocaría efectos equívocos no modelo na medida en que este non necesariamente busca que o uso agrícola se localice na proximidade das láminas de auga, por exemplo polos efectos ambientais potencialmente negativos que resultan da contaminación difusa provocada por nutrientes e fitosanitarios.

7.2.2. Puntuación dos factores

Utilizamos o esquema LESA de puntuacións sobre 100. Á hora de puntuar existen dous tipos de factores diferentes. Cando os factores son de tipo cualitativo, a puntuación asígnase directamente a cada clase ou categoría existente. Cando a variable é cuantitativa, temos a opción de dividila en rangos e puntualos directamente (asignar valores discretos de puntuación) ou de elaborar unha puntuación continua. As vantaxes que presenta a puntuación discreta son a súa maior simplicidade e facilidade de comprensión, mentres que a puntuación continua permite conservar grande parte da variabilidade presente nos datos. Neste punto consideramos que unha boa parte da precisión que implica unha puntuación continua non está necesariamente xustificada debido a que non sempre se corresponde coa precisión real dos datos¹⁰ ou non sempre se manifesta de forma apreciable sobre o terreo (non hai diferencias razoables entre dúas parcelas, situadas a 480 e 500 m de altitude, por exemplo, que xustifiquen unha puntuación diferente). Por outra parte, un problema adicional de puntuar de maneira continua é que o modo máis simple de facelo é mediante funcións lineais, o que non sempre responde á lóxica da influencia da variable sobre a aptitude: puidera interesarse que a puntuación diminuíse de modo máis (ou menos) rápido que un determinado factor. A utilización de funcións máis complexas (logarítmicas ou exponenciais, por exemplo) para asignar as puntuacións é posible pero probablemente non servise na práctica máis que para complicar innecesariamente a facilidade de comprensión do modelo.

Capacidade produtiva do solo

Traducir unha clasificación complexa como a da capacidade produtiva, composta por múltiples combinacións posibles de varios factores, a unha puntuación xenérica que intenta representar a aptitude da terra para un uso xeral agrícola ou gandeiro é unha simplificación necesaria, pero que ata certo punto incluso vai en contra do espírito da propia publicación, que intentaba superar o reduccionismo do mapa de Clases Agrolóxicas. Para este paso, aproveitamos que a publicación inclúe un conxunto de táboas

¹⁰Por exemplo, no caso da variable “pendente”: calculada para cada píxel de 5 m en función da altitude asignada polo modelo de elevacións ós píxeles veciños. Dado que unha estimación razoable da precisión (1σ) do modelo de elevacións derivado de cartografía 1:5.000 está en torno ós 1,6 m (aproximadamente 1/3 da equidistancia entre curvas de nivel de 5 m), a pendente calculada podería ter erros (1σ) de $\pm 16\%$.

Táboa 7.2. Puntuación do factor “capacidade produtiva do solo”

Millo	Prados	Puntuación
A1	(calquera)	100
A2	A1	100
"	A2	90
"	A3	80
A3	A1	70
"	A2	60
"	A3	50
N1	A1	40
"	A2	30
"	A3	20
N2	A1	10
N2	A2, A3, N1, N2	0

* Fonte: elaboración propia a partir da aptitude para millo e prados proposta por [Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres \(1984\)](#).

de conversión que relacionan cada unha das clases de capacidade produtiva coa aptitude para millo, prados e plantacións de *Pinus pinaster* (avaliada segundo o esquema FAO de cinco categorías: moi apta —A1—, apta —A2—, marxinalmente apta —A3—, máis dúas clases de non apta —N1 e N2—). Considerouse que a máxima puntuación (100) corresponde ás clases de capacidade que aparecen como moi aptas (A1) tanto para millo como para prados, e a mínima para aquelas que aparecen como non aptas para millo (N1 ou N2) e marxinalmente aptas para prados (A3), con puntuacións intermedias para os restantes casos (táboa 7.2). Pódese observar na táboa como a puntuación 50 se asigna de maneira que marque o límite por debaixo do cal a terra só sería apta para prados e non como terra arable.

Radiación solar

Para puntuar o factor “radiación solar” baseámonos na distribución dos valores na zona de traballo. Así, co obxectivo de penalizar ás ladeiras de orientación norte (as que menos radiación reciben) e favorecer lixeiramente ás de orientación sur sobre as áreas relativamente planas, asignamos unha puntuación máxima ás parcelas situadas por enriba do terceiro cuartil (máis de 2376 Wh/m²), 75 puntos ás situadas entre o primeiro e terceiro cuartís (entre 1837 e 2376 Wh/m²) e 0 puntos ás situadas por debaixo do primeiro cuartil.

Táboa 7.3. Puntuación das clases de pendente do terreo

Clase de pendente	Puntuación
0-3 %	100
3-10 %	75
10-20 %	50
20-35 %	12
>35 %	0

* Fonte: elaboración propia a partir dos rangos de pendente propostos por [Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres \(1984\)](#).

Altitude

Para puntuar a altitude empregamos en parte o coñecemento da comarca acumulado durante a redacción de capítulos anteriores. En particular, sabemos que por enriba de determinadas altitudes existen unha baixa presenza de terra agrícola como consecuencia da menor accesibilidade xeral da zona e dun clima máis riguroso. En particular, por enriba de 700 metros a terra agrícola redúcese aproximadamente ó 10 % da superficie total.¹¹ Por esta razón ás áreas situadas nesa zona foille asignada unha puntuación de 0 puntos. A continuación asignamos 50 puntos ás áreas situadas entre 500 e 700 m, que inclúen boa parte das serras da Cova da Serpe e da Loba no concello de Guitiriz e parte do Xistral en Muras e norte de Vilalba. Finalmente as áreas situadas por debaixo de 500 m reciben 100 puntos.

Pendente

Para a puntuación do factor “pendente” empregamos os rangos propostos en [Díaz-Fierros Viqueira & Gil Sotres \(1984\)](#), como se refire na táboa 7.3.

Distancia a núcleos de poboación

Co fin de promover a creación de cinturóns libres de biomasa na proximidade dos núcleos habitados, asignamos 100 puntos ás parcelas situadas a unha distancia inferior a 500 m dun núcleo de poboación, e 0 puntos ás restantes.

Uso actual e usos contiguos

Asignamos unha puntuación de 100 puntos a aquelas parcelas que están rodeadas de arborado no 0-50 % do seu perímetro. Cando o arborado ocupa

¹¹Información extraída dos diagramas de densidade condicional do apéndice B.

entre o 50 e o 75 % do perímetro da parcela, asignamos 50 puntos. Finalmente, cando o perímetro rodeado de arborado é maior do 75 %, ou ben cando a propia parcela está cuberta por arborado¹² asignamos 0 puntos.

Uso pasado

Para compensar os efectos da variable anterior, cando a clasificación do uso histórico sobre a fotografía de 1956 asigna as clases “arable” ou “prados”, a parcela recibe neste factor unha puntuación de 100 puntos. Cando é de mato, asignamos 50 puntos. Cando é arborado, 0 puntos. Deste modo, o feito de que unha parcela fora repoboada con especies arbóreas en épocas recentes pode ser compensado na puntuación final pola súa condición de terra agrícola no pasado.

Tamaño da parcela

Para a puntuación do tamaño de parcela baseámonos nos datos do primeiro ano de actividade do Banco de Terras. Durante este período o tamaño medio da parcela cedida ó banco polos seus propietarios foi de 0,44 ha, mentres que o tamaño medio da parcela arrendada foi de 1,15 ha (F. Ónega, comunicación persoal, 20 de maio de 2009). Tomando estes datos como referencia, asignamos 100 puntos ás parcelas maiores de 1 ha, 75 ás comprendidas entre 0,75 e 1 ha, 50 ás comprendidas entre 0,4 e 0,75 ha, e 0 puntos ás menores de 0,4 ha (0,4 ha é tamén a media das parcelas da comarca).

Forma da parcela

O índice adimensional $\frac{4\sqrt{\text{Sup.total}}}{\text{Perímetro}}$ que utilizamos para aproximar a forma da parcela, toma valores menores de 1 para as parcelas de forma alongada ou irregular, igual a 1 para as parcelas cadradas e lixeiramente maior que 1 para as parcelas de forma redondeada. Para puntuar este factor utilizamos os cuartiles da distribución das parcelas da comarca: 100 puntos para as parcelas situadas por enriba do primeiro cuartil (0,9); 50 puntos para as situadas entre 0,79 e 0,9; 25 puntos para as comprendidas entre 0,6 e 0,79; 0 puntos para aquelas cun índice de forma menor de 0,6.

Adxacencia a vías

As parcelas adxacentes a vías de comunicación reciben 100 puntos e as restantes reciben 0 puntos.

¹²En rigor, cando a superficie de parcela cuberta por arborado é maior do 50 %.

Táboa 7.4. Combinacións de pesos utilizadas na análise de sensibilidade

Factor	Base	Equitativo	Aleatorio 1	Aleatorio 2	Aleatorio 3
Cap. produtiva	0,20	0,10	0,14	0,15	0,02
Rad. solar	0,10	0,10	0,03	0,07	0,14
Altitude	0,10	0,10	0,08	0,02	0,04
Pendente	0,20	0,10	0,16	0,13	0,10
Dist. nucleos	0,05	0,10	0,16	0,14	0,09
Uso actual ^a	0,10	0,10	0,02	0,06	0,09
Uso pasado	0,10	0,10	0,04	0,09	0,20
Superficie	0,05	0,10	0,11	0,15	0,11
Forma	0,05	0,10	0,16	0,15	0,03
Accesibilidade	0,05	0,10	0,10	0,04	0,18

^a Inclúe o uso actual da parcela avaliada e das veciñas, a través do perímetro compartido co arborado.

7.2.3. Ponderación

A ponderación que consideramos máis axeitada é a proposta na táboa 7.1. A maiores, para a análise de sensibilidade ensaiáronse varias ponderacións adicionais. Nunha delas (“peso equitativo”) tódalas variables foron ponderadas de igual forma (10% para cada unha, de xeito que quedaba a relación entre as compoñentes de avaliación de terras e de localización se invirte a 40-60%). A maiores, ensaiáronse varias ponderacións xeneradas de modo aleatorio (aleatorio 1 a 3) —coa única condición de que o maior dos pesos non podería superar en máis de 10 veces o valor do máis baixo—. O conxunto de puntuacións móstrase na táboa 7.4.

7.2.4. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade do modelo ten como obxectivo avaliar a influencia que no resultado final teñen os diferentes factores e a súa puntuación, a elección dos pesos asignados a cada un deses factores, e o método de ponderación escollido. Respecto deste último, avaliamos dous métodos diferentes: a suma ponderada convencional (ecuación 7.1) e o método de distancia ó punto ideal (Barredo 1996, ecuación 7.2):

$$A = \sum_{i=1}^n w_i e_i \quad (7.1)$$

$$A = 100 - \left[\sum_{i=1}^n w_i |e_i - 100|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (7.2)$$

onde A é a aptitude para o uso agrícola e gandeiro (valorada entre 0 e 100), w_i é o peso asignado a cada factor, e_i é o valor do factor i , e p é un parámetro que fai que se penalice de modo máis ou menos severo ás parcelas

que mostran valores baixos dalgún dos factores. Valores de p habitualmente utilizados son 2, 5 e 10 de xeito que o criterio é máis estricto nesta mesma orde.

Dado que o resultado do modelo é unha clasificación relativa das cerca de 450.000 parcelas existentes na comarca, a avaliación da análise de sensibilidade debera enfocarse á influencia que os diferentes elementos mencionados teñen sobre a orde relativa e non sobre a súa puntuación final absoluta. Para este fin, o criterio empregado na análise é a correlación entre as puntuacións finais obtidas mediante diferentes combinacións de pesos e métodos de cálculo. A existencia de correlación indicaría que a orde relativa se mantén: as parcelas mellor puntuadas nun dos ensaios tamén o serían nos restantes, e o mesmo sucedería coas peor puntuadas.

7.3. Resultados

7.3.1. Da análise de sensibilidade

As aptitudes calculadas mediante suma ponderada mostran elevados niveis de correlación entre si con independencia da combinación de pesos utilizada (figura 7.4 e táboa 7.5). Unha situación similar sucede coas aptitudes calculadas mediante o procedemento de distancia ó punto ideal (figura 7.5 e táboa 7.6). A orde relativa de aptitude para as diferentes parcelas mantense practicamente inalterada (coeficiente de correlación de Spearman $\rho > 0,9$) cando se emprega un esquema de pesos equitativo para os factores en lugar do esquema orixinal proposto (base) e incluso cando se emprega un conxunto de pesos totalmente aleatorio continúa existindo un considerable grao de correlación ($\rho > 0,65$). Aínda que os pesos poden e deben ser utilizados para afinar a clasificación e acercala á percepción que os usuarios teñen da importancia relativa das diferentes variables de entrada, o certo é que as variacións nos pesos non provocan diferencias sustanciais na orde relativa das parcelas, polo que esta decisión non se debería considerar como crítica no modelo.

No tocante ós diferentes métodos ensaiados para combinar os valores dos diferentes factores (suma ponderada e distancia ó punto ideal con valores de p de 2, 5 e 10), tampouco parecen variar considerablemente a orde das aptitudes resultantes para cada parcela (figura 7.6 e táboa 7.7). Pódese apreciar como os resultados de utilizar a media ponderada e a distancia ó punto ideal para $p = 2$ son practicamente equivalentes ($\rho = 0,97$). Tamén se pode apreciar como a medida que o valor de p se incrementa as puntuacións de aptitude resultante tenden a ser máis baixas que coa media ponderada, o que reflicte que nestes casos se penaliza a aquelas parcelas con valores baixos nalgún dos seus factores. Sen embargo, a orde relativa parece manterse na maioría dos casos, como se reflicte tanto na figura como nos valores de correlación da táboa ($\rho > 0,9$).

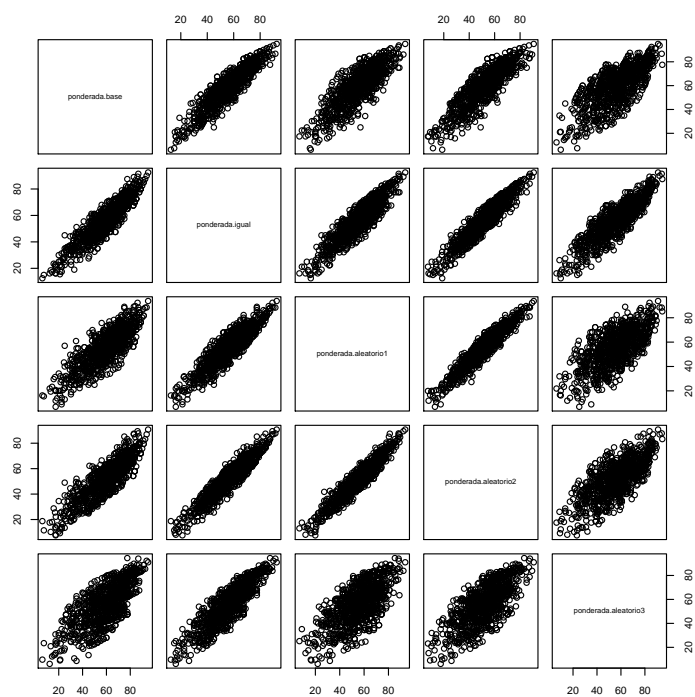


Figura 7.4. Comparación das aptitudes calculadas con diferentes combinacións de pesos (1). Compáranse as aptitudes calculadas mediante suma ponderada para diferentes pesos. Para compoñer unha figura máis lexible empregamos unha mostra aleatoria de 1000 parcelas.

Táboa 7.5. Combinacións de aptitudes calculadas con diferentes pesos

	Base	Equitativo	Aleatorio 1	Aleatorio 2	Aleatorio 3
Base	1,0000	0,9145	0,8007	0,8635	0,7329
Equitativo	0,9145	1,0000	0,8855	0,9328	0,8754
Aleatorio 1	0,8007	0,8855	1,0000	0,9402	0,6596
Aleatorio 2	0,8635	0,9328	0,9402	1,0000	0,7213
Aleatorio 3	0,7329	0,8754	0,6596	0,7213	1,0000

^a Coeficientes de correlación ρ de Spearman para o total de parcelas.

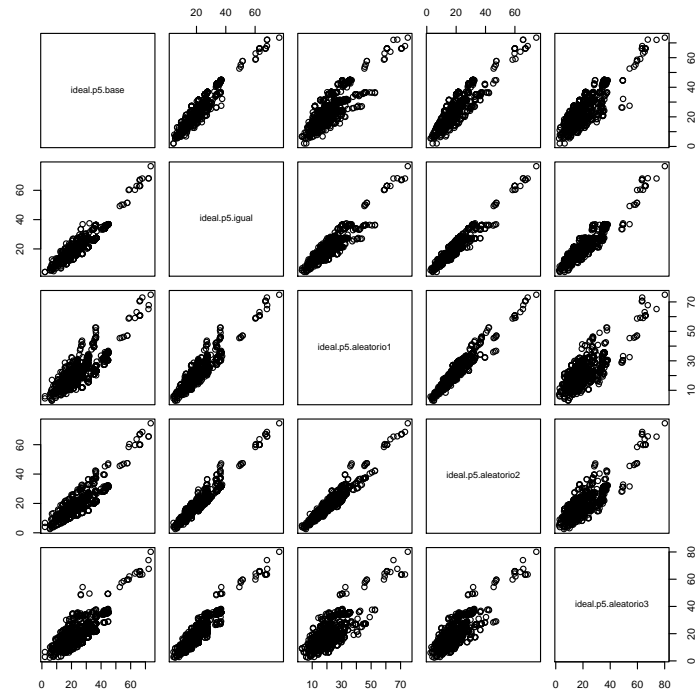


Figura 7.5. Comparación das aptitudes calculadas con diferentes combinacións de pesos (2). Compáranse as aptitudes calculadas mediante distancia ó punto ideal ($p=5$) e diferentes pesos. Para compoñer unha figura máis lexible empregamos unha mostra aleatoria de 1000 parcelas.

Táboa 7.6. Combinacións de aptitudes calculadas con diferentes pesos (2)

	Base	Equitativo	Aleatorio 1	Aleatorio 2	Aleatorio 3
Base	1,0000	0,9111	0,7602	0,8520	0,7696
Equitativo	0,9111	1,0000	0,8611	0,9224	0,8941
Aleatorio 1	0,7602	0,8611	1,0000	0,9425	0,6738
Aleatorio 2	0,8520	0,9224	0,9425	1,0000	0,7422
Aleatorio 3	0,7696	0,8941	0,6738	0,7422	1,0000

^a Distancia ó punto ideal. Coeficientes de correlación ρ de Spearman para o total de parcelas.

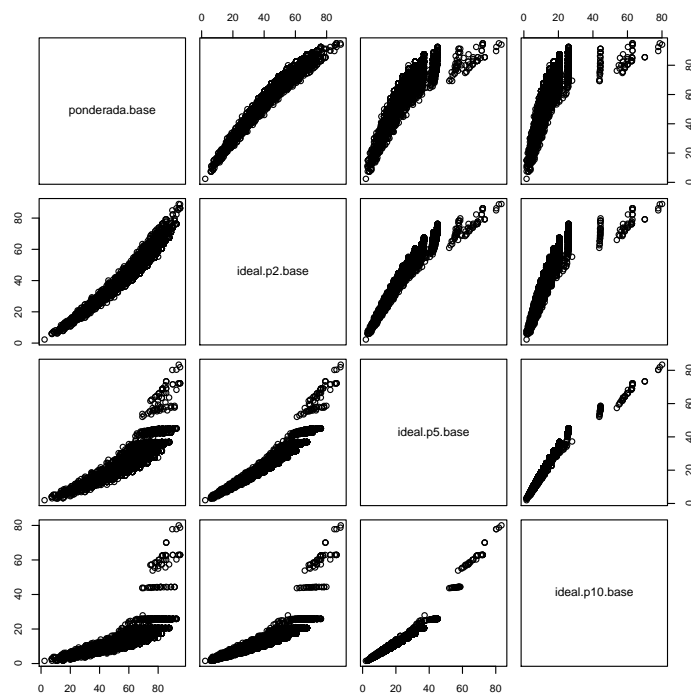


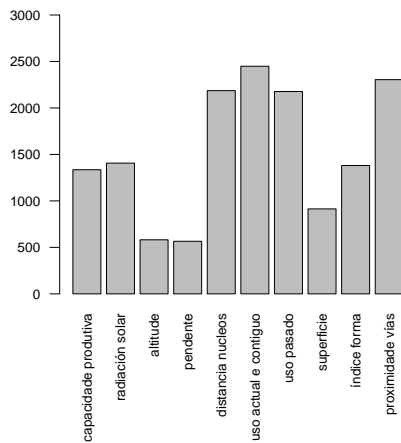
Figura 7.6. Comparación de diferentes métodos de combinación. Compáranse as aptitudes calculadas mediante suma ponderada e distancia ó punto ideal ($p=2$, $p=5$, $p=10$) e a combinación de pesos “base”. Para compoñer unha figura máis lexible empregamos unha mostra aleatoria de 1000 parcelas.

Táboa 7.7. Comparación de diferentes métodos de combinación

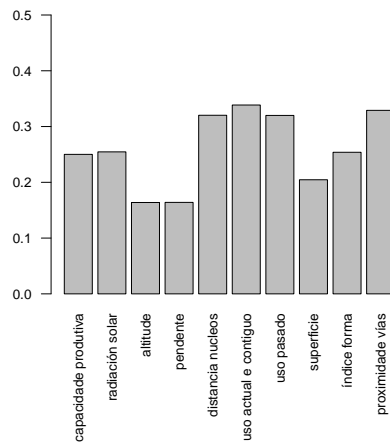
	Suma ponderada	Distancia ó punto ideal		
		($p=2$)	($p=5$)	($p=10$)
Suma ponderada	1,0000	0,9775	0,9363	0,9148
Punto ideal ($p=2$)	0,9775	1,0000	0,9853	0,9672
Punto ideal ($p=5$)	0,9363	0,9853	1,0000	0,9930
Punto ideal ($p=10$)	0,9148	0,9672	0,9930	1,0000

^a Coeficientes de correlación ρ de Spearman para o total de parcelas. Pesos=base.

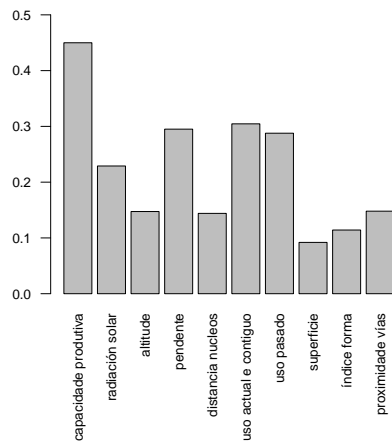
A influencia relativa das diferentes variables no resultado do modelo pódese avaliar a través de ferramentas como os SRC ou FAST, a diferenza entre ambas a nivel operativo dada polo feito de que os primeiros se calculan mediante remostraxe (*bootstrap*) a partir dos valores reais das variables de entrada e os resultados do modelo mentres que a segunda utiliza as distribucións teóricas das variables de entrada, razón pola cal utilizamos os primeiros. Esta influencia depende de dous factores: (1) da propia construción do modelo (neste caso, dos pesos relativos asignados a cada variable) e (2) da varianza relativa das puntuacións de entrada. Poderíase argumentar que dado que as variables orixinais se converten a puntuacións, estas quedan reducidas a unha distribución multinomial con diversos valores entre 0 e 100 (ou a unha distribución uniforme entre 0 e 100 no caso de que a puntuación fose continua). O proceso de puntuación, polo tanto, serviría para eliminar a presenza de colas pesadas nas distribucións de orixe e polo tanto uniformizar a variabilidade das diferentes puntuacións. Sen embargo, o esquema de puntuación adoptado inflúe na abundancia relativa dos diferentes valores de puntuación en cada factor e polo tanto na súa varianza e influencia no modelo. Efectivamente, obsérvase unha certa correspondencia entre a varianza das puntuacións dos factores e os coeficientes de regresión estandarizados (SRC): nas dúas primeiras gráficas da figura 7.7 (subfiguras 7.7a e 7.7b) pódese apreciar como aquelas variables con maiores valores de varianza tamén presentan maiores valores dos SRC (neste caso calculados para o modelo de suma ponderada e pesos equitativos). En resumo, a tendencia a puntuar unha determinada variable con puntuacións extremas (moi altas e moi baixas) fai que a súa influencia nos resultados finais aumente porque actúa no sentido de aumentar moito ou diminuír moito a valoración final de cada parcela. Polo contrario, se se puntúa un factor con algúns valores extremos e varios intermedios, a súa contribución relativa ó resultado final diminúe. Por outra parte, a utilización de diferentes combinacións de pesos tamén permite actuar sobre a influencia relativa de cada factor no resultado do modelo: na mesma figura apréciase como a influencia de cada variable no resultado final varía cando cambia a combinación de pesos utilizada (subfiguras 7.7c e 7.7d).



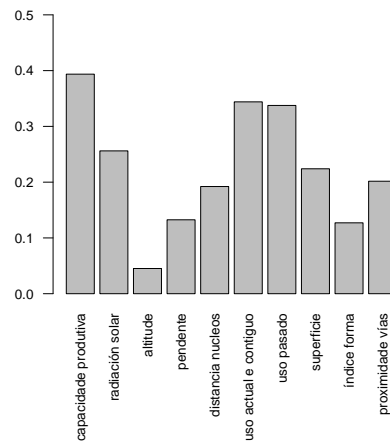
(a) Varianza dos diferentes factores.



(b) SRC: suma pond., peso equitativos.



(c) SRC: suma pond., peso "base".



(d) SRC: dist. ó punto ideal (p=5), peso "base".

Figura 7.7. Influencia da puntuación no resultado do modelo. Obsérvase que existe correspondencia entre a varianza de cada factor considerado (a) e a súa influencia no resultado do modelo (avaliado mediante coeficientes de regresión estandarizados, SRC) baixo un esquema de puntuación equitativa (b), e como esta influencia se altera coa introducción dunha combinación de pesos diferente (c) ou un método de cálculo distinto (d).

7.3.2. Proposta de uso

Para o planeamento municipal

O modelo proposto pode ser utilizado como sistema de axuda á decisión para dous fins diferentes: a redacción de planeamento municipal, e a toma de decisións no Banco de Terras. Para a súa utilización no planeamento municipal, o modelo permite identificar as áreas máis convenientes para o solo rústico de protección agropecuaria, dada unha superficie total calculada ou establecida por medios externos. A figura 7.8 mostra un exemplo de aplicación para o planeamento municipal en Guitiriz: a gráfica permite apreciar como se relaciona a un determinado umbral de aptitude coa superficie das parcelas do municipio situadas por enriba del; conforme se establece o umbral de puntuación se incrementa (abscisas) a superficie total das parcelas que superan ese umbral decrece (ordenadas). Deste xeito, unha vez establecida unha superficie obxectivo por outros medios a gráfica permite determinar o umbral de corte que se debería utilizar, que á súa vez vai asociado a un conxunto de parcelas sobre o terreo. A superficie seleccionada como resultado constitúe unha proposta de delimitación do solo rústico de protección agropecuaria, que non coincide necesariamente coa superficie agrícola actual: a figura 7.9 mostra, para o mesmo concello, a superficie agrícola actual e a que resultaría de utilizar o modelo para tres superficies obxectivo arbitrarias. Para un nivel de detalle máis fino, o mesmo procedemento podería ser realizado a nivel de cada parroquia do concello.

Para a toma de decisións do Banco de Terras

Na segunda das súas aplicacións, o modelo permite caracterizar a superficie de mato —superficie sen aproveitamento económico— existente na comarca en función da súa aptitude relativa para o uso agrícola, e como tal podería constituír un sistema de axuda á decisión para a planificación das actividades do Banco de Terras para a localización e caracterización da oferta potencial de terra agrícola. O resultado do modelo pode aplicarse tanto a escala de parcela individual como a nivel municipal ou parroquial. Deste xeito, é posible detectar as parcelas con boas características para a agricultura (aquelas cun valor de aptitude superior a un umbral previamente seleccionado) que na actualidade están cubertas de mato. A escalas menos detalladas, o sistema permite detectar aquelas parroquias ou concellos con maior presenza de parcelas de mato con boa aptitude. En calquera dos dous casos o resultado procede do cruce entre o modelo de aptitude desenvolvido neste capítulo e un mapa de uso a nivel parcela (por exemplo utilizando o uso consignado no propio SIGPAC), e permite introducir máis información que a mera superficie total de mato existente en cada concello ou parroquia (figuras 7.10 e 7.15).

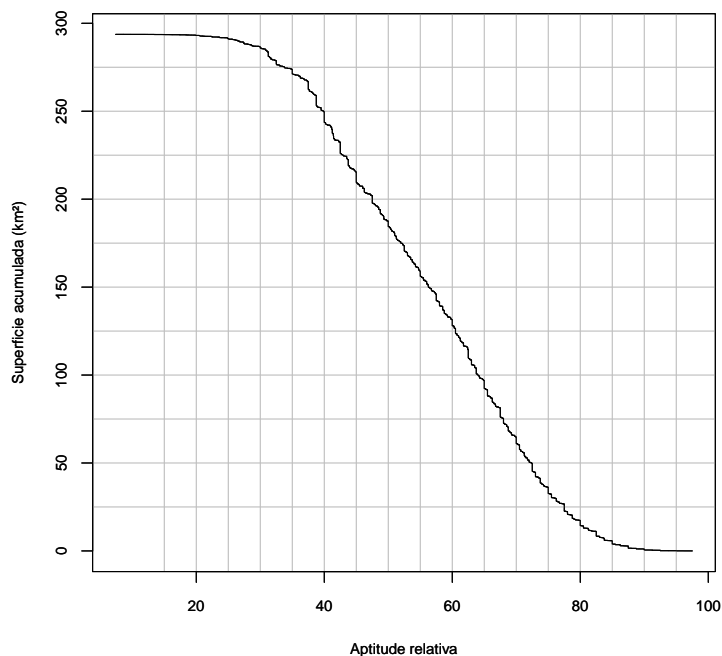


Figura 7.8. Exemplo de relación entre aptitude e superficie: concello de Guitiriz. A gráfica relaciona cada valor de aptitude (calculada mediante suma ponderada e a combinación de pesos “base”, e disposta nas abscisas) coa superficie total das parcelas que teñen un valor igual ou superior (ordenadas). Obsérvase que canto maior é o umbral de aptitude que se escolla, a superficie delimitada polas parcelas é cada vez menor.

7.4. Conclusións

Neste capítulo presentamos unha proposta de integración dun sistema de avaliación multicriterio, adaptado con pequenas modificacións do sistema LESA utilizado para a valoración de terras agrícolas en EEUU, dentro do fluxo de decisións asociadas ó planeamento municipal e á planificación do Banco de Terras. O uso do modelo de avaliación non pretende substituír á análise manual e detallada dos límites da zona de protección agropecuaria, senón aportar un criterio obxectivo e non directamente ligado ó uso actual da terra (aínda que o incorpore de xeito indirecto) que poida ser utilizado polos técnicos do equipo redactor de maneira interactiva: a clasificación relativa das parcelas permite cambiar a delimitación para axustala á superficie total que se fixe como obxectivo por medios externos. Utilizado para o apoio do Banco de Terras, o sistema permite orientar ós xestores cara as zonas caracterizadas por unha maior e mellor oferta de terra para o uso agrícola,

e matizar así a simple caracterización da oferta por cantidade (superficie).

Dado que o modelo utilizado no sistema se basea na asignación de puntuacións e pesos relativos ás variables utilizadas, explorouse a influencia de ambas no resultado final da clasificación. A análise de sensibilidade realizada permite afirmar que, se ben a asignación de pesos é un aspecto relevante do modelo de clasificación de terras, o seu efecto sobre a clasificación relativa das diferentes parcelas non o convirte nunha decisión crítica no proceso de creación do modelo. En consecuencia, se ben é recomendable utilizar unha combinación de pesos que reflicta a importancia relativa que se lle otorga a cada variable respecto das demais, a discusión de pequenos detalles na ponderación non parece ser o uso do tempo máis recomendable. En cando á puntuación, a análise de sensibilidade revelou que ademais do peso asignado a cada variable a propia forma de puntuación inflúe na relevancia que esta ten no resultado final: asignar puntuacións extremas (moi baixas e moi altas) ós valores dunha variable dada incrementa a súa influencia no resultado final, en comparación cunha asignación de puntuacións intermedias ou moi repartidas (moi baixas, medias, moi altas). Un terceiro aspecto derivado da análise de sensibilidade afecta ó modo de combinación das puntuacións: neste sentido, observamos que a utilización de esquemas máis complexos como o da distancia ó punto ideal non afecta excesivamente á clasificación relativa das parcelas, e dados os obxectivos deste modelo en particular, non aporta ningunha vantaxe respecto da suma ponderada convencional.



Figura 7.9. Exemplo de delimitación de solo rústico de protección agropecuaria: Guitiriz. Preséntase a localización actual do solo agrícola (a), xunto con tres propostas de delimitación para tres superficies obxectivo escollidas de xeito arbitrario: unha superficie igual á actual (86 km²); unha superficie lixeiramente maior (100 km²); unha superficie que case duplica a actual (150 km²). Os valores de corte para a delimitación tomáronse da gráfica da figura 7.8.

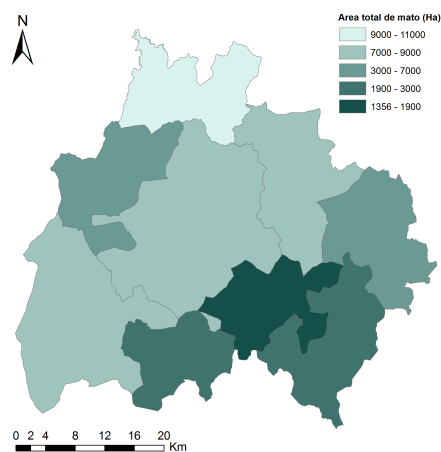


Figura 7.10. Clasificación dos concellos por área total de mato.

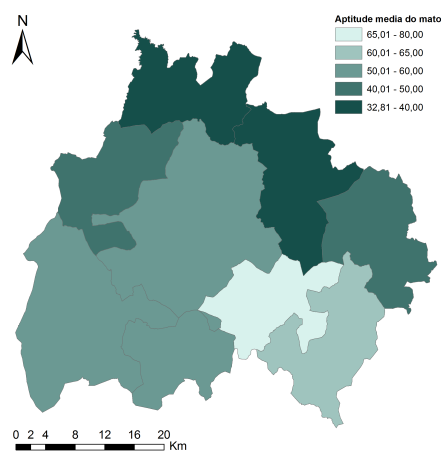


Figura 7.11. Clasificación dos concellos pola aptitude media das parcelas de mato.

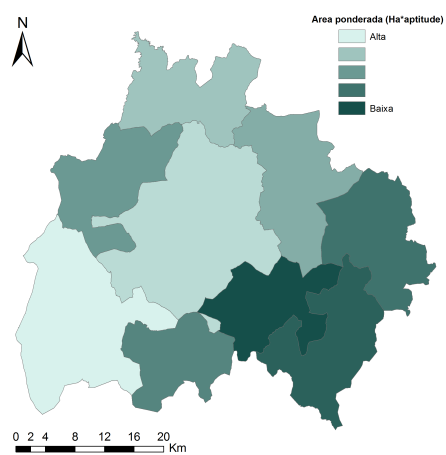


Figura 7.12. Clasificación dos concellos pola área de mato ponderada pola súa aptitude.

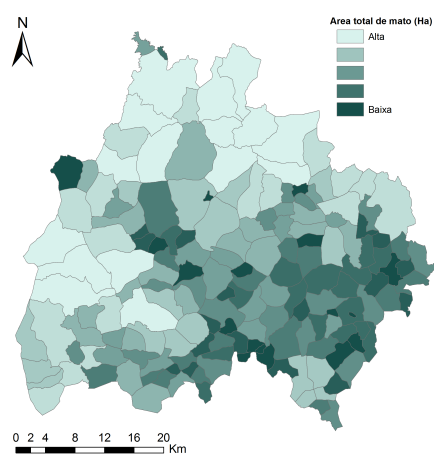


Figura 7.13. Clasificación das parroquias pola área total de mato.

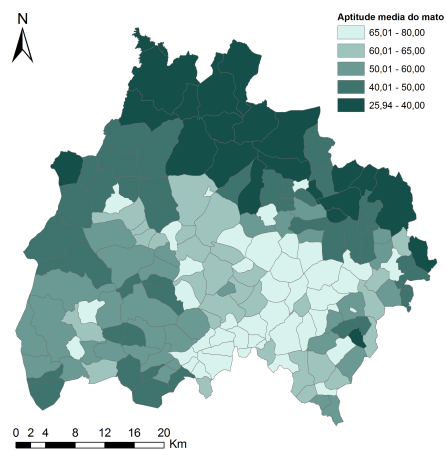


Figura 7.14. Clasificación das parroquias pola aptitude media das parcelas de mato.

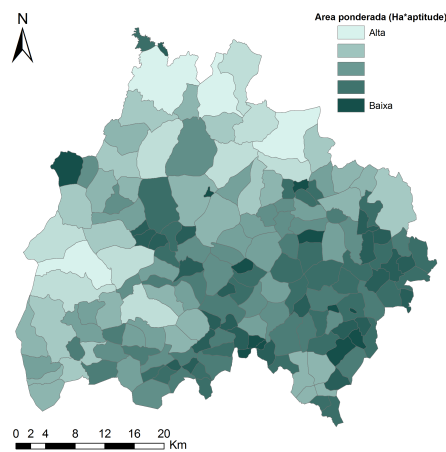


Figura 7.15. Clasificación das parroquias pola área de mato ponderada pola súa aptitude.

Conclusións

O abandono da agricultura é un fenómeno común a moitas rexións montañosas ou periféricas da Unión Europea, causado en última instancia pola combinación dos procesos de perda de poboación e perda de importancia relativa do sector agrario na economía rexional (desagrarización). As consecuencias do proceso son en xeral graves e abranguen numerosas dimensións: económica, ambiental, social e cultural. Na súa maior parte, estas consecuencias negativas son resultado directo dos cambios na cuberta do solo que se producen cando cesa a actividade agrícola ou gandeira, un aspecto ben documentado na literatura científica europea pero non tanto en Galicia. Sen embargo, o que máis se bota en falta é a escaseza de estudos sobre a percepción da poboación (tanto a urbana como a rural) acerca do proceso, xa que traballos doutros países confirman a idea de que esta non sempre é negativa, especialmente por parte da poboación rural e dos agricultores mellor establecidos no mercado e con menos posibilidades de abandonar a actividade. Neste sentido, isto provoca un certo descoñecemento da acollida que medidas como o Banco de Terras poden ter entre a poboación, e polo tanto de que sectores da poboación deberan ser obxectivo prioritario da actividade divulgadora e publicitaria do Banco.

Este traballo confirma a idea, proposta con anterioridade por outros autores, de que a Superficie Agrícola Utilizada (SAU) de Galicia diminuíu en termos globais desde mediados do século XX. Non obstante, a inclusión de datos non manexados ata o momento neste cómputo fainos propoñer unha interpretación diferente do ritmo e contía total deste descenso. En particular, este tería lugar fundamentalmente desde ben entrada a década de 1970 e aceleraríase durante a década de 1990. A estimación que propoñemos para a perda de SAU é de aproximadamente 80.000 ha, das que algo máis da metade corresponden á provincia de Ourense e o resto fundamentalmente á de Pontevedra. Cómpre suñar que estas cifras se refiren á SAU calculada con exclusión das superficies de pasteiro e en xeral das superficies de aprobei-

tamento máis extensivo. De incluír tódalas áreas utilizadas no contexto do sistema agrario tradicional a cifra total tería que ser necesariamente maior. Tamén é razoable pensar que o abandono das áreas de utilización máis extensiva tivo lugar con anterioridade, durante as décadas de 1950 e 1960: este aspecto non é facilmente cuantificable, debido á imprecisión con que estes usos máis extensivos aparecen reflectidos nas estatísticas, pero si se aprecia facilmente a través dos cambios da lenda que estas utilizaban, por exemplo no caso dos Anuarios estatísticos do Ministerio de Agricultura.

A natureza complexa desde o punto de vista espacial que caracteriza ó proceso de abandono da agricultura aparece reflectida non só no feito de que a evolución da SAU provincial fose dispar: o estudio de caso da comarca da Terra Chá, mediante a comparación da área ocupada pola agricultura nas fotografías históricas de 1956–1957 e o mapa de usos de SIGPAC (2003–2004), mostrou que a pesar da tendencia da SAU provincial relativamente estable, a SAU comarcal si descendeu lixeiramente no mesmo período. A unha escala máis detallada, a análise a nivel municipal demostrou que o descenso da SAU comarcal se concentrou en menos da metade dos concellos, ó tempo que un deles incluso experimentou a tendencia oposta. A análise dos cambios sucedidos entre as catro grandes categorías de cubertas do solo (terra arable e prados, mato, arborado, outras superficies) indica que a perda de SAU se debeu practicamente a partes iguais ó abandono total da actividade agraria (a transición de superficie agrícola a mato) como a un cambio de uso voluntario por parte do utilizador consistente na forestación para a produción de madeira. É evidente que este crecemento do arborado a costa de superficies anteriormente utilizadas pola agricultura é parcialmente atribuíble ás políticas de subvención da plantación forestal, que non contemplaron ningún tipo de limitación sobre o terreo no que se realizaba. A análise mediante técnicas de regresión loxística permitiu establecer que se ben ambos procesos (abandono total e forestación) tiveron lugar preferentemente nas áreas máis difíciles de mecanizar, de maior pendente e máis afastadas das explotacións, o abandono total tivo lugar fundamentalmente nas áreas de maior altitude e máis afastadas dos núcleos de poboación mentres que a forestación tivo lugar en áreas de menor altitude e non necesariamente lonxe de zonas habitadas. Por outra parte, tratándose de concellos que (como a maioría dos concellos galegos) sufren unha perda constante de poboación desde 1960, o maior ou menor descenso da poboación non parece estar correlacionado coa evolución da superficie agrícola. É o cambio de sector económico da poboación o que mostra unha maior influencia: o descenso de SAU foi maior naqueles concellos nos que os sectores secundario e terciario ocupan a unha maior porcentaxe da poboación. Finalmente, durante o período estudado non só tivo lugar o abandono de áreas anteriormente cultivadas, senón que este conviviu coa roturación de importantes superficies de mato, moitas das cales xa soportaban un certo uso previo, polo que non necesariamente se trataría de terras gañadas para a agricultura senón dunha intensificación do

nivel de manexo. A análise estatística revelou que os criterios de utilización destas terras non se basean simplemente na compoñente biofísica do terreo (pendente e altitude fundamentalmente), senón tamén na estrutural, dado que foron roturadas preferentemente as parcelas de maior tamaño, mellor forma e maior accesibilidade.

A loita contra os efectos indesexables do abandono da agricultura pasa necesariamente, aínda que non exclusivamente, pola regulación dos cambios de uso que afectan á terra agrícola. O marco legal existente en Galicia dispón de tres normas de aprobación recente que establecen o marco básico desta regulación: a lei de solo (9/2002), a lei de incendios (3/2007) e a lei do banco de terras (7/2007). A aplicación práctica dos principios e figuras que regulan estas normas depende en grande medida da existencia de instrumentos de apoio á decisión que permitan localizar sobre o terreo aquelas zonas nas que o uso agrícola deba ser conservado de maneira preferente: o que neste traballo chamamos “aptitude” para o uso agrícola. Neste traballo propónse unha versión adaptada dun esquema metodolóxico deseñado e utilizado en EEUU para obxectivos similares (*Land Evaluation and Site Assessment*, LESA). Interesa destacar que o modelo proposto neste traballo utiliza en parte os resultados da análise dos cambios no uso do solo ocorridos no pasado recente para a selección dos parámetros máis relevantes a ter en conta. Con todo, o traballo non pon énfase no propio modelo (é dicir, no conxunto de puntuacións e pesos propostos) senón na análise da súa sensibilidade ós cambios nas puntuacións, pesos e métodos de combinación utilizados. Os diferentes ensaios realizados indican que elección dos pesos dos factores ou os métodos de combinación (suma ponderada, diferentes versións da distancia ó punto ideal) non son aspectos críticos porque non alteran significativamente a orde relativa da aptitude asignada ás diferentes parcelas.

Unha das variables propostas para ser utilizadas na delimitación da terra agrícola protexida é o seu uso histórico, algo especialmente importante nun contexto no que as terras de boas cualidades agronómicas que moitas explotacións precisarían utilizar para incrementar a súa base territorial foron obxecto de plantacións forestais nas últimas décadas. Para permitir o uso desta variable sobre áreas extensas do territorio, este traballo explora varias das técnicas dispoñibles para a clasificación automática de fotografías aéreas en branco e negro, especialmente das técnicas orientadas a obxectos e do uso de información textural. Os resultados mostran a similar fiabilidade de algoritmos dispoñibles en aplicacións libres e propietarias (GRASS GIS e Definiens eCognition). Sen embargo, a solución finalmente proposta baséase na clasificación das áreas delimitadas polos recintos de uso do SIGPAC mediante árbores de decisión supervisadas. A fiabilidade desta última técnica é a maior de tódalas ensaiadas, se ben é preciso recordar que o uso dos recintos de uso actuais é en si mesma unha simplificación, e está sometida á condición de que a estrutura do parcelario non resultase moi alterada ó longo do tempo.

8.1. Liñas de traballo abertas

No momento de dar por finalizado este traballo, as liñas de investigación que quedan abertas para o futuro son varias, que agrupamos a continuación en función da temática na que se encadran.

No relativo ó estudio dos cambios de uso do solo, sería recomendable realizar estudos posteriores que incrementen a resolución temporal mediante a incorporación de fotografías aéreas correspondentes a outros anos. Isto permitiría ter unha idea máis clara do ritmo ó que sucedeu o descenso de SAU e que transicións entre cubertas foron máis activas en cada momento. Este incremento da información temporal permitiría contrastar as suposicións derivadas da análise das estatísticas de uso no relativo ós períodos de maior diminución da SAU. Por outra parte, tamén sería necesario discriminar a natureza das masas forestais que ocupan áreas anteriormente utilizadas pola agricultura (procedentes de plantación ou de rexeneración natural). Este é un aspecto que non foi cuantificado numericamente neste traballo e que permitiría facer unha mellor estimación (combinada coa información temporal) da influencia que as políticas recentes de axudas á reforestación tiveron sobre a desaparición de superficie agrícola.

En relación cos modelos de cambio de uso do solo queda aberta a posibilidade de empregalos para facer proxeccións de uso futuro en diferentes escenarios, como ferramenta útil para informar sobre os efectos de diferentes políticas relativas á autorización de determinados cambios de uso, ou relativos a medidas de apoio ás explotacións. Neste aspecto sería recomendable explorar a posibilidade de utilizar modelos baseados en axentes, tomando a explotación como unidade básica da simulación, e se ben é certo que a información relativa ás parcelas en propiedade e xestionadas por cada explotación é moi sensible e polo tanto normalmente non dispoñible, isto non debería ser un obstáculo para explorar as posibilidades dos modelos (como se pode ver no exemplo de [Millington et al. 2008](#)).

Por último sobre a utilidade dos modelos de aptitude agrícola como núcleo dun sistema de axuda á decisión, e dado que a análise de sensibilidade parece indicar que a experimentación con diferentes puntuacións e pesos non é a liña máis recomendable de investigación, o esforzo futuro debера poñerse en gañar a confianza dos usuarios (fundamentalmente técnicos) e do público (especialmente dos habitantes do rural sobre o que actúa o modelo). Este aspecto, que a revisión bibliográfica revelou como un dos puntos débiles na aplicación práctica dos sistemas de axuda á decisión, pode ser enfocado pola vía de facilitar a comprensión do funcionamento e dos resultados do modelo. Neste sentido, resultaría moi interesante realizar traballos que, utilizando un número de parcelas de referencia sobre o terreo, permitan unir visualmente as características dunha parcela e a puntuación que lles asigna o modelo (*benchmarking*). Os resultados de puntuación poderían entón ser comparados coa opinión de técnicos e usuarios/proprietarios, o que permitiría

establecer umbrais de corte na puntuación representativos de determinadas cualidades e comprender mellor (e axustar en consecuencia) os resultados do modelo.

Producción de cartografía climática mediante interpolación 3D

A necesidade de dispoñer de cartografía climática en formato dixital é un feito relativamente común na realización de estudos técnicos ou proxectos de investigación. Non obstante, adoita ser igualmente habitual que este tipo de información non estea dispoñible ou soamente exista en formato papel, o que enfronta ós técnicos á decisión de dixitalizar os mapas existentes ou simplemente producir os seus propios. Aínda conscientes de que a produción de cartografía climática non se reduce á un mero proceso de interpolación dos datos recollidos en estacións climatolóxicas, este apartado propón unha solución de compromiso que permita ós investigadores dispoñer de mapas climáticos de calidade razoable con pouco esforzo e inversión en material. Preséntase o exemplo dun mapa de temperatura media anual da comunidade autónoma de Galicia, aínda que o método foi aplicado dentro do traballo de tese para xerar así mesmo mapas de precipitación media anual e temperaturas mínimas e máximas. Interesa destacar o feito de que o material auxiliar utilizado (tanto o software como o modelo dixital de elevacións) é libre e por tanto está a disposición dos técnicos ou investigadores sen custo adicional.

A.1. Introducción e obxectivos

Nunha grande variedade de traballos de investigación nos que se empregan como ferramenta os sistemas de información xeográfica (SIX) existe a necesidade de utilizar mapas que representen variables climáticas, pero desafortunadamente ese tipo de información raramente está dispoñible. No caso galego a referencia máis completa e recente en cartografía climática é o Atlas Climático de Galicia de [Martínez Cortizas & Pérez Alberti \(1999\)](#), pero trátase dunha publicación pensada fundamentalmente para ser utilizada en papel e non inclúe versións dixitais dos mapas que contén. Este apéndice ten a súa orixe precisamente na necesidade de crear cartografía climática para o capítulo 5, e serve ademais para demostrar a capacidade de interpolación 3D do sistema de información xeográfica libre GRASS ([GRASS Development Team 2008](#)) e a súa utilidade na xeración de mapas climáticos a través dun exemplo de mapa de temperatura media anual.

Dado que a información climática se recompila en estacións climáticas, a súa xeneralización ó resto do territorio para xerar cartografía é basicamente un problema de interpolación para o que existen diversas técnicas posibles. E tendo en conta que a altitude sobre o nivel do mar é está fortemente relacionada coa maioría das variables climáticas, é habitual que tódolos métodos a incorporen dun xeito ou outro. Unha aproximación posible é a utilizada por [Sboarina \(2002\)](#) que utiliza unha regresión lineal entre o valor de cada estación e a súa altitude para transformar os valores climáticos a un valor equivalente a nivel do mar. Os valores transformados utilízanse para unha interpolación bidimensional e o mapa resultante devólvese ós valores reais mediante a mesma ecuación calculada na regresión pero en sentido contrario. No caso de [Martínez Cortizas & Pérez Alberti \(1999\)](#) non se aportan demasiados detalles sobre a metodoloxía empregada para a interpolación pero todo indica que se trata dunha técnica moi similar, previa división do territorio de Galicia en sectores (en concreto 7 no caso da variable “temperatura”). Aínda que esta opción reflicte un bo coñecemento da xeomorfoloxía da comunidade autónoma e polo tanto ten o potencial de proporcionar un mapa máis fiel á realidade climática, o grande problema que presenta é que non é facilmente replicable por terceiros e multiplica o número de operacións necesarias.

Por outra parte, se ben existen diversos métodos dispoñibles para a interpolación dos datos procedentes de estacións puntuais, o uso de splines é unha boa opción tendo en conta que son abundantes os exemplos da súa utilización en cartografía climática (p.ex. [Hofierka et al. 2002](#), [Jeffrey et al. 2001](#), [Sboarina 2002](#)). As splines teñen demostrado ser equivalentes en termos de resultados ós métodos de base xeoestatística como o krigeado ([Hofierka et al. 2002](#), [Suprit & Shankar 2008](#)). A interpolación por splines baséase na premissa de que a función de interpolación pase exactamente polos puntos (ou tan cerca deles como sexa posible) ó tempo que se manteña unha forma o

máis suave posible ([Hofierka et al. 2002](#)), e está implementada no SIX libre GRASS co nome de *Regularized Spline with Tension* (RST) en dúas variantes: unha bidimensional e outra tridimensional ([GRASS Development Team 2008](#), [Neteler & Mitasova 2004](#)). A grande vantaxe da interpolación en 3D consiste en que permite incorporar a variable altitude no propio proceso de interpolación e evita así a necesidade de realizar diferentes pasos.

A.2. Materiais

O material utilizado para este traballo comprende a información climática, o modelo dixital de elevacións, e o software. A información climática procede dos datos de temperatura media anual de 129 estacións meteorolóxicas xestionadas por diversos organismos recompilados no Atlas Climático de Galicia ([Martínez Cortizas & Pérez Alberti 1999](#)). Optamos por utilizar esta fonte de información en primeiro lugar por tratarse de datos nos que xa foron corrixidos os casos de valores ausentes, e en segundo lugar para permitir a comparación entre o mapa resultado do traballo e o mapa presentado no Atlas: a comparación con mapas debuxados por expertos, aínda que se tratase de debuxos feitos a man, permite detectar erros de bulto na interpolación ([Hofierka et al. 2002](#)).

O modelo dixital de elevacións procede da Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). Os datos SRTM están dispoñibles para a súa descarga en diferentes sitios web, entre eles a páxina oficial da NASA ([National Aeronautics and Space Administration 2008](#)) e outros organismos públicos ou privados. Neste traballo optamos por utilizar os datos dispoñibles en [CGIAR Consortium for Spatial Information \(2008\)](#) porque foron sometidos a un proceso de depuración que elimina os valores ausentes ou os picos (valores anormalmente elevados) presentes nos datos orixinais. Os datos están dispoñibles cunha resolución espacial de 1 segundo de arco –aprox. 30 m– para o territorio dos EEUU e cunha resolución degradada a 3 segundos de arco –aprox. 90 m– (SRTM3) para o resto dos países, e a precisión vertical está estimada en 16 m ([CGIAR Consortium for Spatial Information 2008](#)).¹ A vantaxe de utilizar un modelo tan pouco detallado cando existen outros dispoñibles é que un píxel de 100 m é suficiente para representar variables climáticas ([Sboarina 2002](#)) e que o tempo de cálculo se reduce considerablemente. Os datos SRTM3 foron reproxectados de coordenadas xeográficas (a súa forma orixinal) á proxección UTM, e no proceso de reproxección a resolución espacial estableceuse en 100 m (figura [A.1](#)). O software utilizado para todo o proceso foi o sistema de información xeográfica libre GRASS na súa versión 6.3 ([GRASS Development Team 2008](#)) funcionando sobre

¹A modo de comparación, a precisión vertical que se espera dun MDE derivado da cartografía 1:5000 é un valor arredor de 2 m (aprox. un terzo da equidistancia entre curvas de nivel no mapa 1:5000).

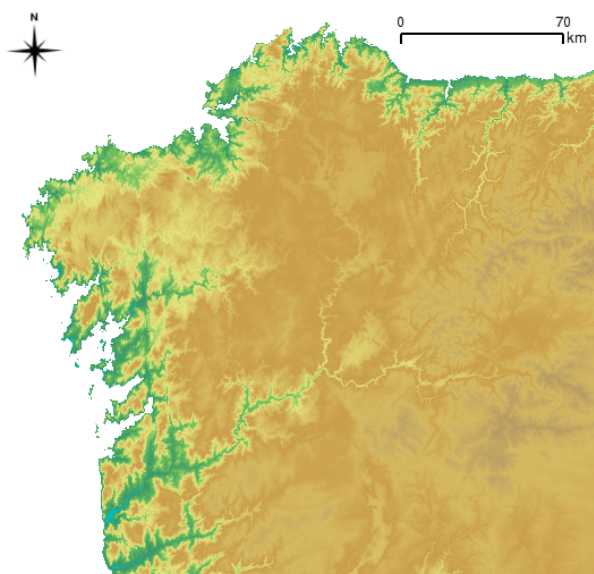


Figura A.1. Modelo de elevacións de Galicia do SRTM3.

Debian Lenny (GNU/Linux).

A.3. Método

A interpolación tridimensional mediante splines está implementada en GRASS mediante o módulo *v.vol.rst*. O proceso de interpolación crea unha malla tridimensional (*voxel*) que representa o comportamento da variable interpolada nas tres direccións do espazo. O mapa final resulta da intersección entre a cuadrícula 3D xenerada por interpolación e o modelo de elevacións.

O funcionamento do módulo *v.vol.rst* pode ser regulado mediante tres parámetros axustables: tensión (T), suavizado (S) e un multiplicador da coordenada Z (Zmult). O parámetro T controla o alcance da influencia de cada punto: valores elevados de T reducen a área de influencia e valores baixos incrementano (Neteler & Mitasova 2004). O valor de S permite que a superficie interpolada se desvíe dos puntos (se “suavice”) e serve para prever a ocorrencia de valores anormalmente elevados ou baixos no resultado, ou para filtrar en certo modo a presenza de valores erróneos nos datos (Neteler & Mitasova 2004). O parámetro Zmult permite equilibrar a distancia vertical entre os puntos coa distancia que os separa no plano. Este é un problema común cando as estacións están repartidas por unha área xeográfica extensa pero separadas só por uns centenaes de metros na vertical (M. Neteler, comunicación persoal, 6 outubro 2008).

Adicionalmente e para permitir unha estimación da calidade final do proceso de interpolación, o módulo *v.vol.rst* dispón dun método de valida-

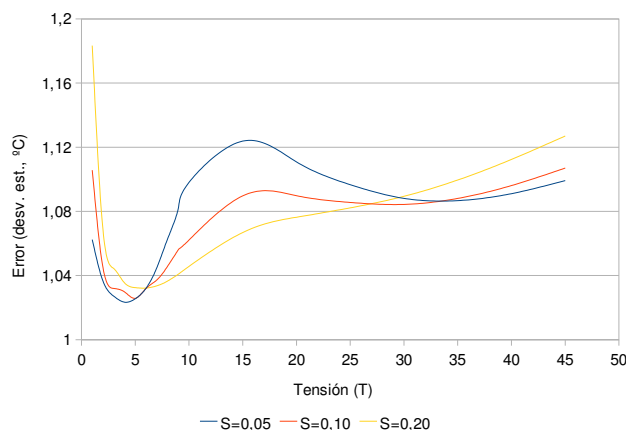


Figura A.2. Influencia dos parámetros T e S no erro de interpolación para un valor de $Z_{mult} = 100$.

ción cruzada ou *jackknife*, unha técnica de remostraxe consistente en tomar sucesivas submostras dos datos orixinais e calcular sobre cada unha delas o estatístico necesario (García Pérez 2002). Neste caso concreto, o módulo exclúe temporalmente un dos puntos da mostra, realiza a interpolación cos puntos restantes e comproba a diferenza (desviación) entre a superficie interpolada e o valor real do punto excluído. A operación repítese tantas veces como puntos e o conxunto de desviacións calculadas resúmese nunha serie de estatísticos básicos como media, mediana ou varianza (Neteler & Mitasova 2004). A vantaxe do método de validación é que non require a xeración do mapa final (a intersección co MDE, a parte máis pesada do cálculo) e polo tanto permite elixir de maneira obxectiva os valores aceptables dos parámetros T, S e Z_{mult} . Neste caso realizáronse probas para valores de T entre 1 e 45 (o valor por defecto é 40) e de S entre 0,05 e 0,2 (o valor por defecto é de 0,1). Para avaliar o valor necesario de Z_{mult} analizamos a distancia vertical e horizontal entre estacións: como a distancia horizontal mínima entre estacións oscila entre 1 e 4 km, mentres que a distancia mínima na vertical está entre 10 e 20 metros, os valores de Z_{mult} deberían oscilar entre 50 e 400.

A.4. Resultados

Ó avaliar os resultados mediante validación cruzada puidemos observar que o rango de valores definido para Z_{mult} produce resultados practicamente idénticos (o resultado empeora con Z_{mult} por debaixo de 50). Polo que respecta á influencia de T e S, na figura A.2 (calculada para $Z_{mult} = 100$)

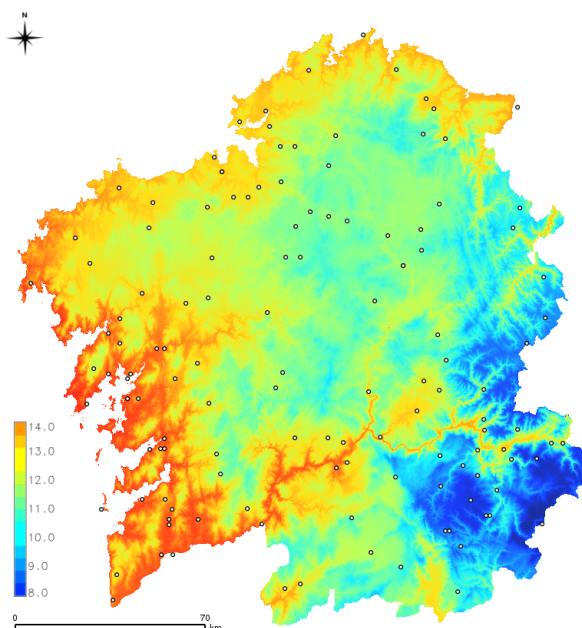


Figura A.3. Mapa de temperatura media anual de Galicia. Superposta sobre o mapa móstrase a localización das estacións climáticas das que se tomaron os datos.

pódese apreciar graficamente como os mellores resultados corresponden a un valor de T arredor de 4, e un valor de S de 0,05. Nesas condicións, a precisión alcanzada pola interpolación é de $1,02^{\circ}\text{C}$ (1σ). A precisión obtida pódese comparar co erro de axuste das funcións utilizadas por [Martínez Cortizas & Pérez Alberti \(1999\)](#), entre $0,4$ e $0,7^{\circ}\text{C}$. Pódese apreciar que se trata de valores moi similares, e tendo en conta que estes últimos proceden directamente do axuste e non de comprobación con valores independentes (normalmente un valor algo superior), podemos supoñer que estamos a falar de mapas de precisión equivalente. O mapa final preséntase na figura [A.3](#).

A.5. Conclusións

Neste traballo presentamos unha técnica simple para a xeración de cartografía climática. Interesa destacar en primeiro lugar que a técnica mostrada permite avaliar a fiabilidade do produto mediante validación cruzada, o que engade valor e permite unha toma de decisións mellor informada desde o punto de vista do utilizador final. En segundo lugar, a técnica está dispoñible de forma libre e gratuíta para calquera usuario dado que tanto a aplicación informática como os datos de elevación poden ser descargados directamente da web e permite centrar o esforzo na adquisición dos datos climáticos.

Apéndice **B**

Diagramas condicionais e modelos de regresión

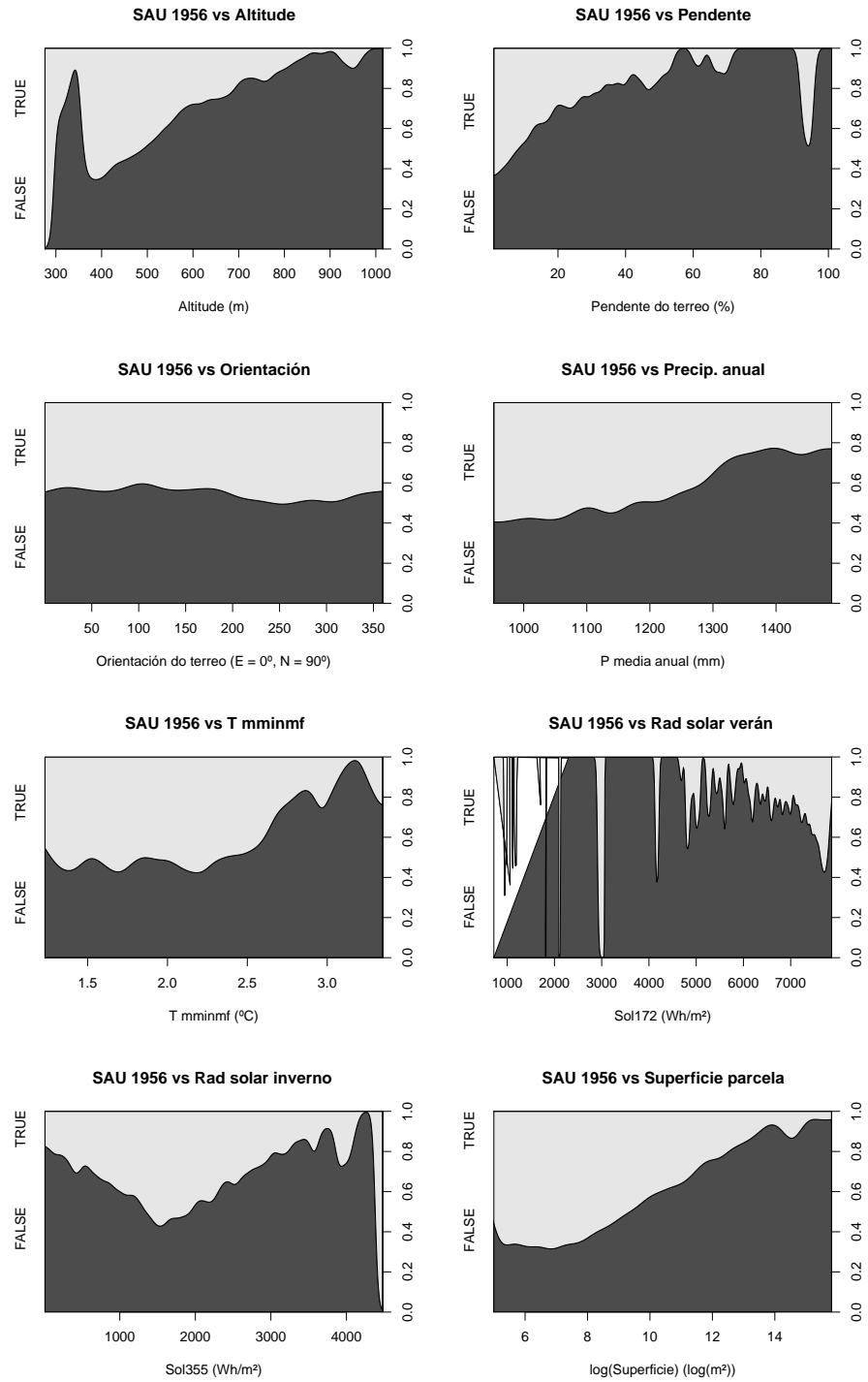


Figura B.1. Diagramas condicionais para a SAU de 1956.

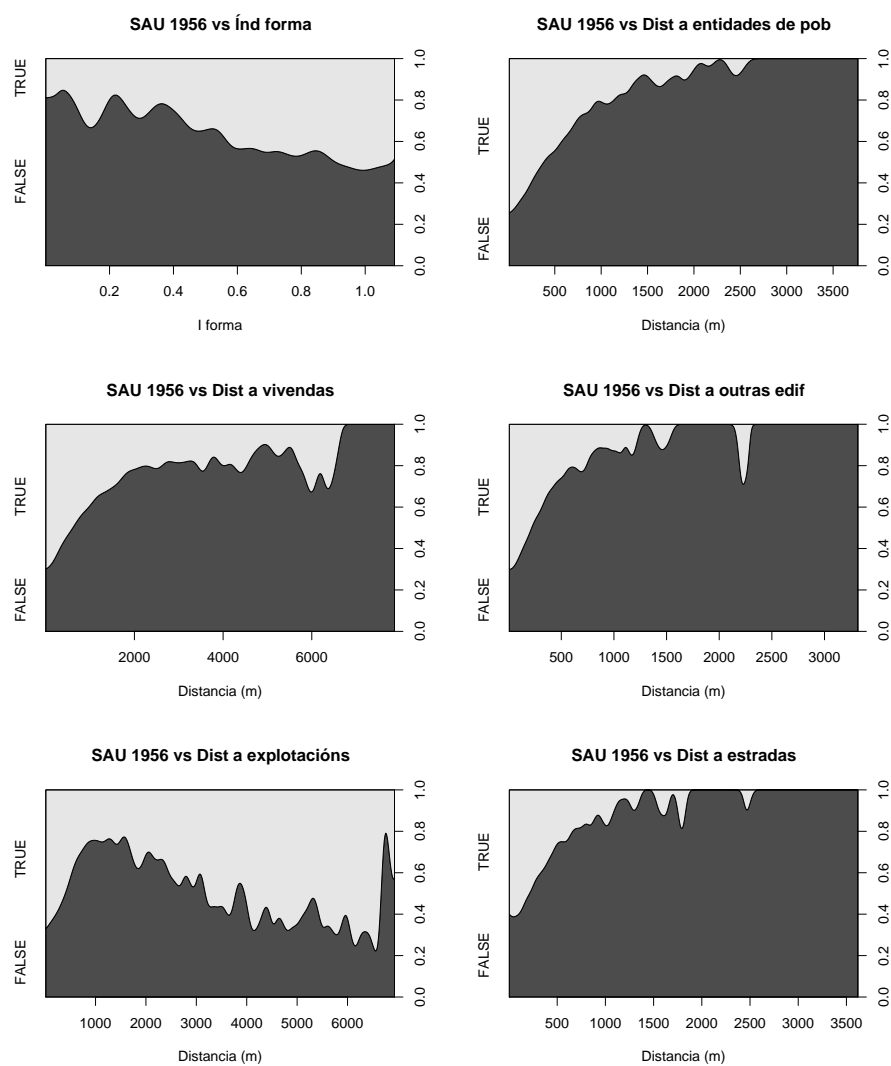


Figura B.2. Diagramas condicionais para a SAU de 1956 (cont.).

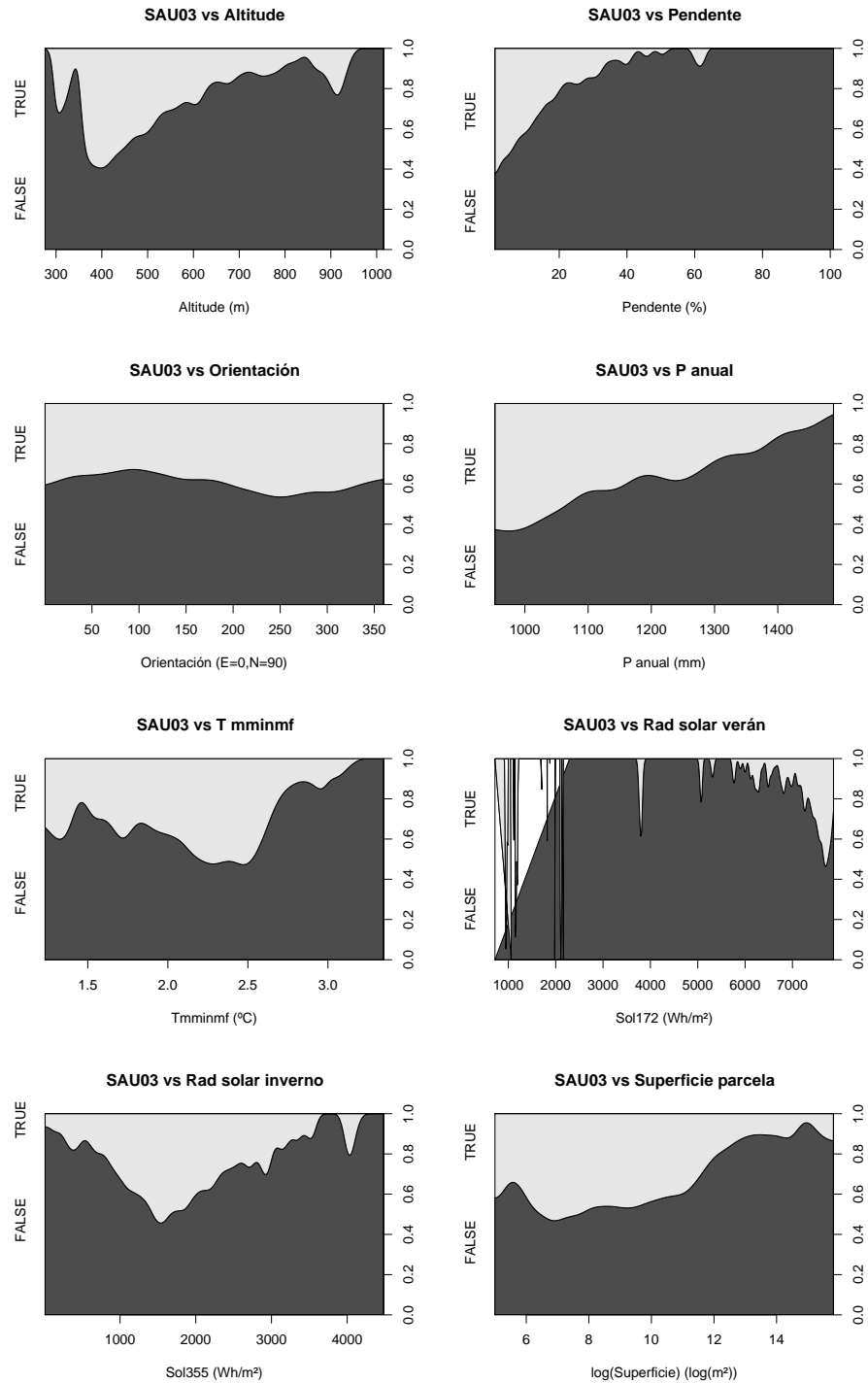


Figura B.3. Diagramas condicionais para a SAU de 2004.

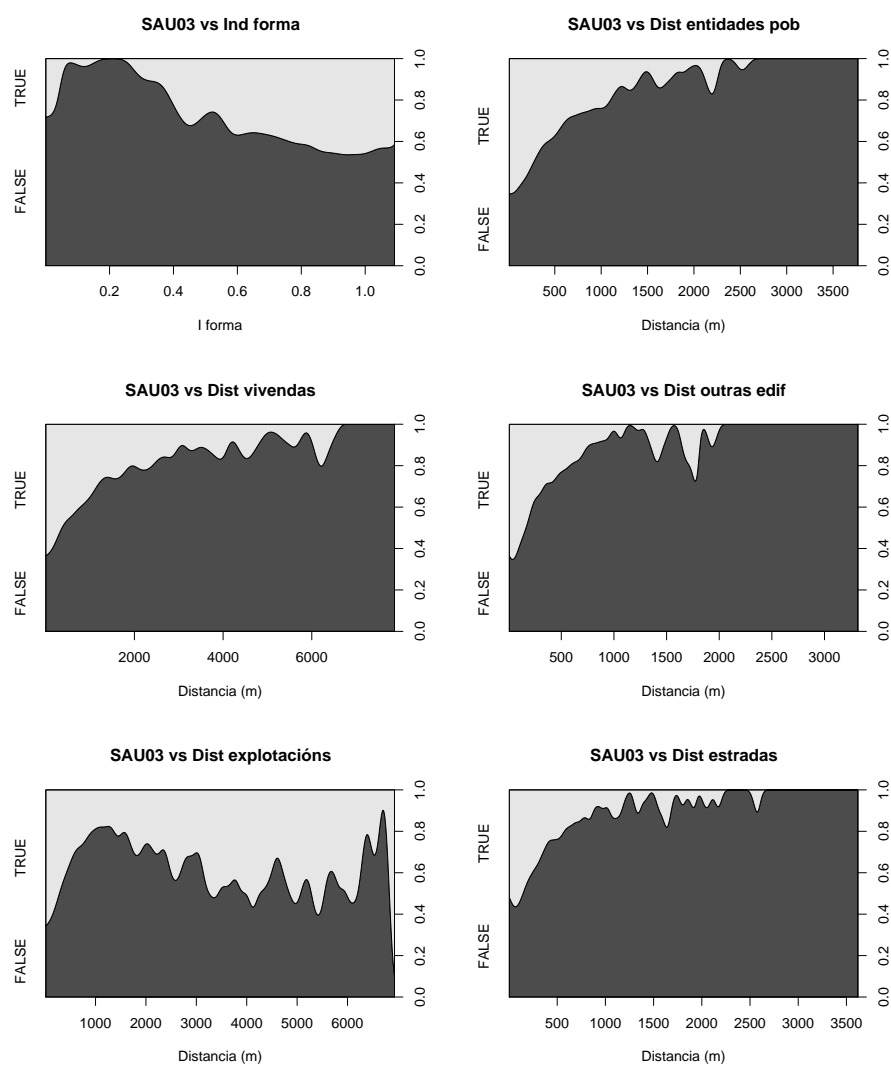


Figura B.4. Diagramas condicionais para a SAU de 2004 (cont.).

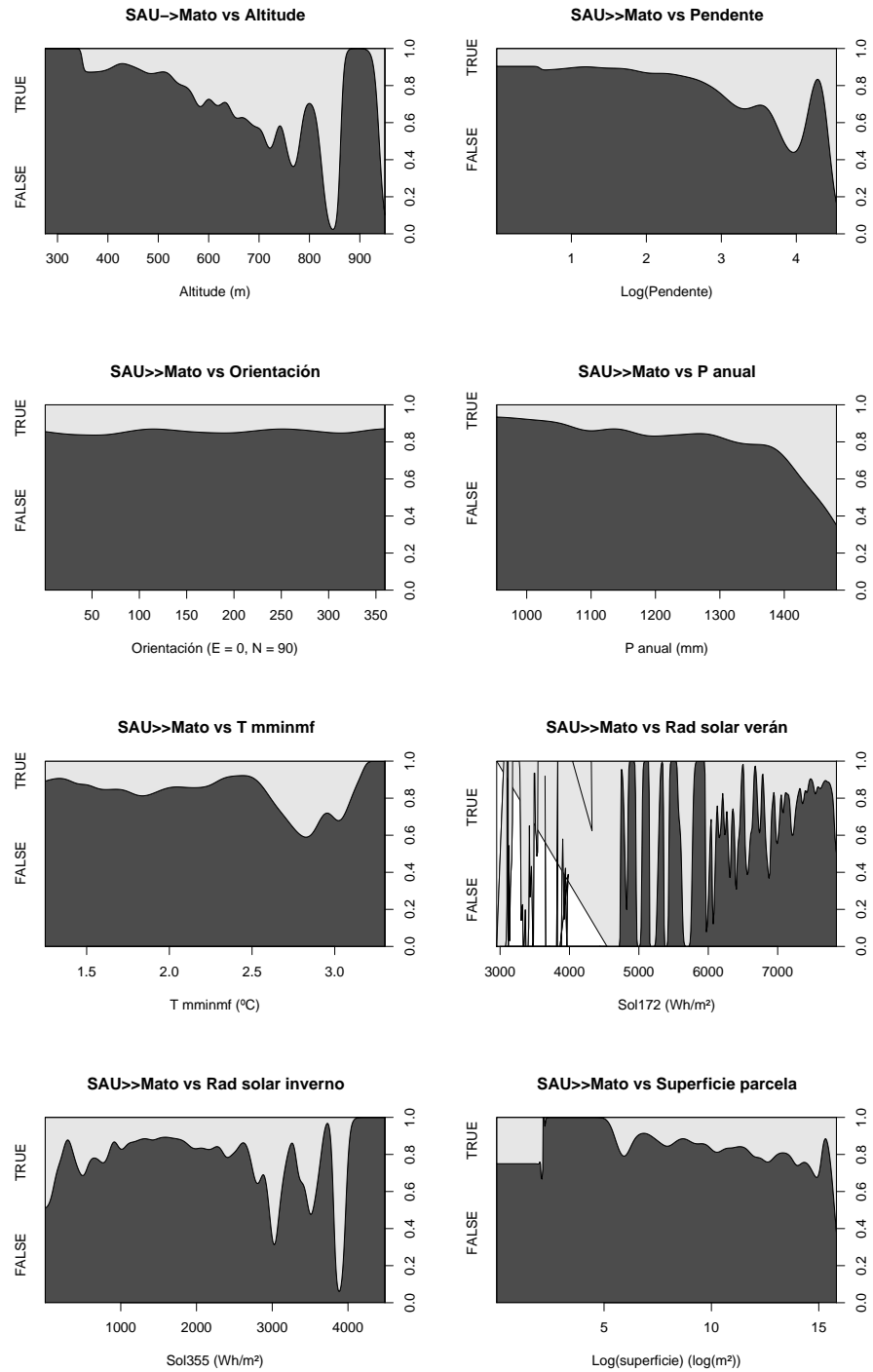


Figura B.5. Diagramas condicionais para a transición de SAU a mato

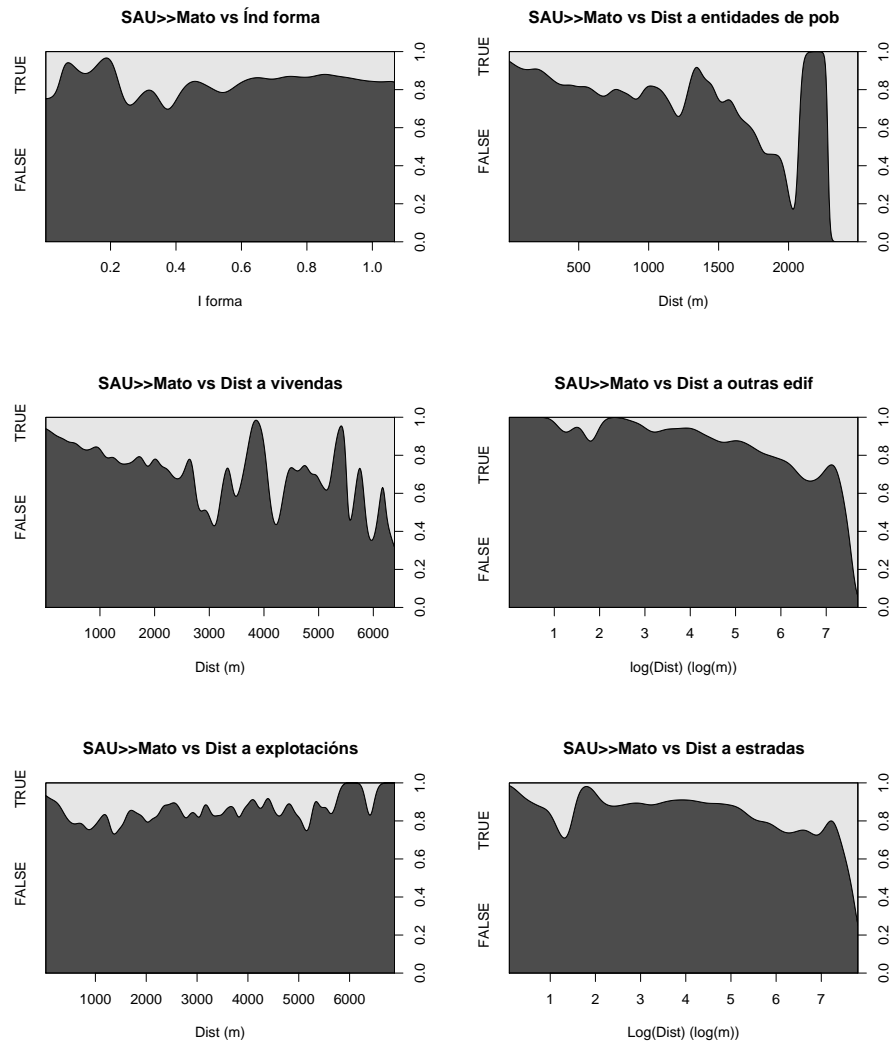


Figura B.6. Diagramas condicionais para a transición de SAU a mato (cont.)

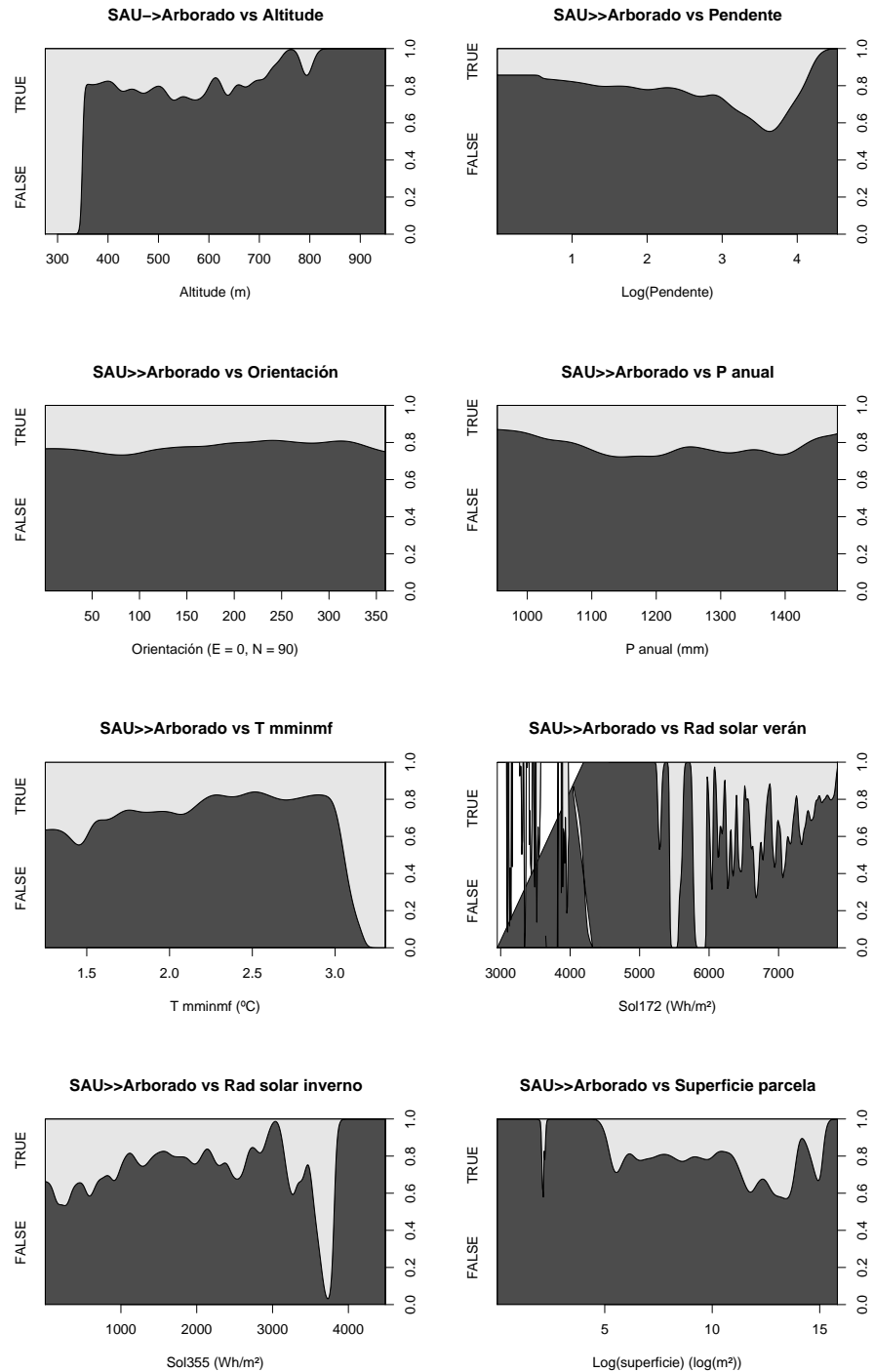


Figura B.7. Diagramas condicionais para a transición de SAU a arborado

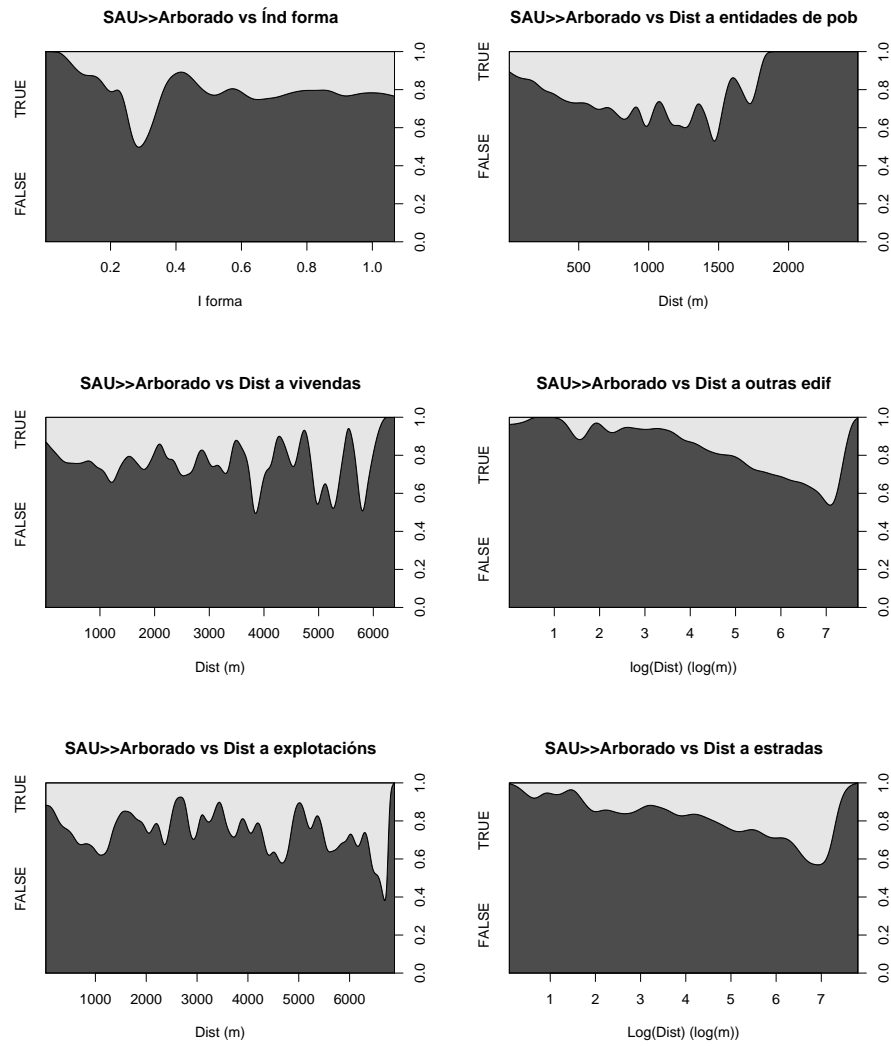


Figura B.8. Diagramas condicionais para a transici3n de SAU a arborado (cont.)

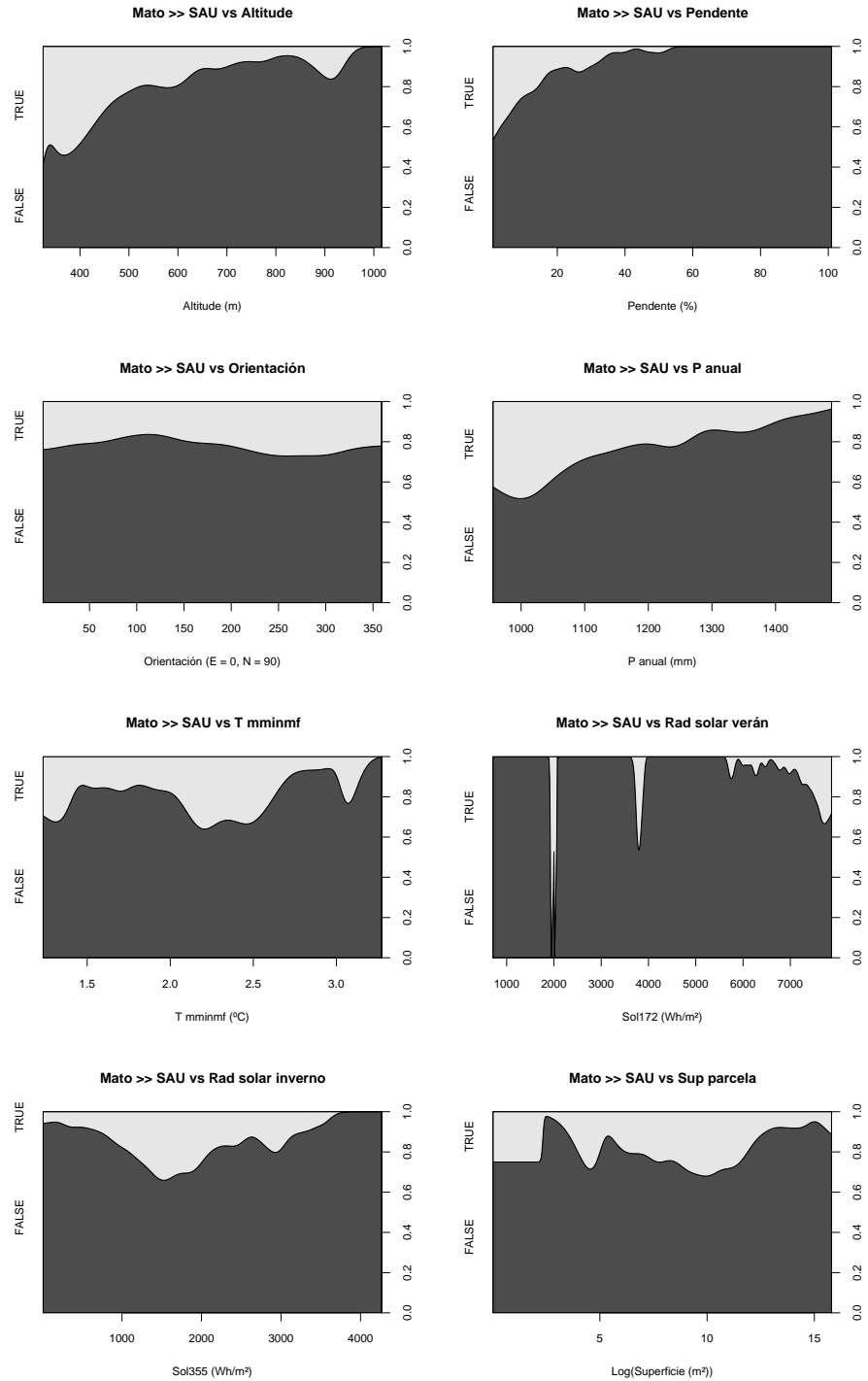


Figura B.9. Diagramas condicionais para a transición de mato a SAU

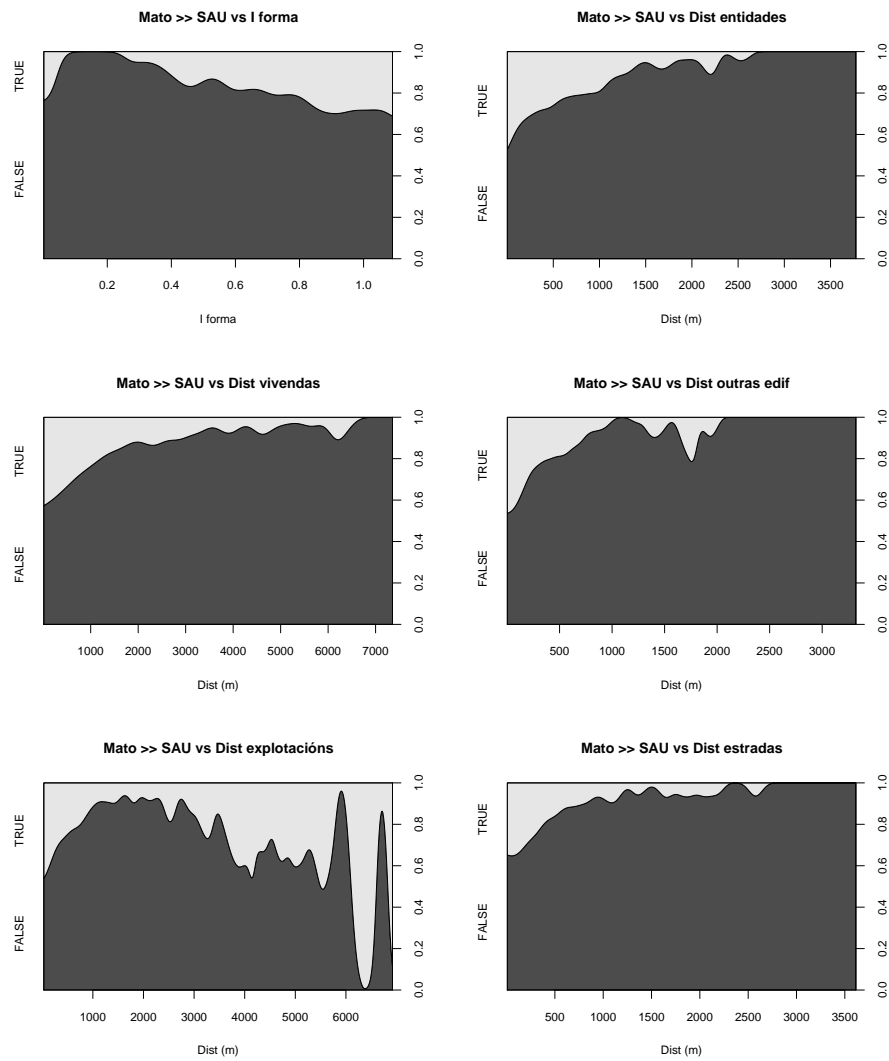


Figura B.10. Diagramas condicionais para a transici3n de mato a SAU (cont.)

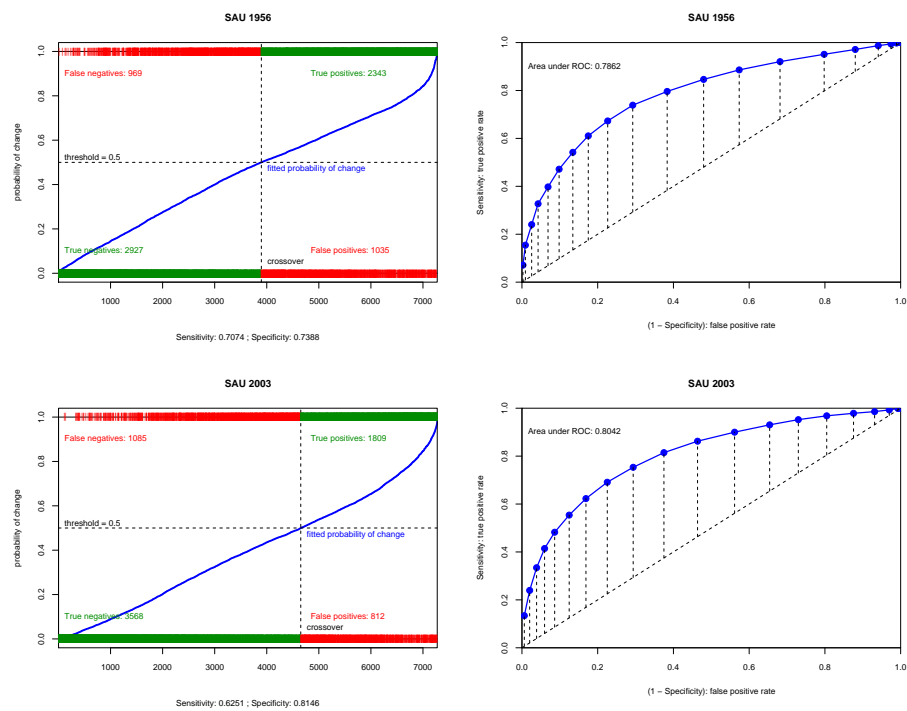


Figura B.11. Diagramas de regresión loxística: SAU de 1956 e SAU de 2004

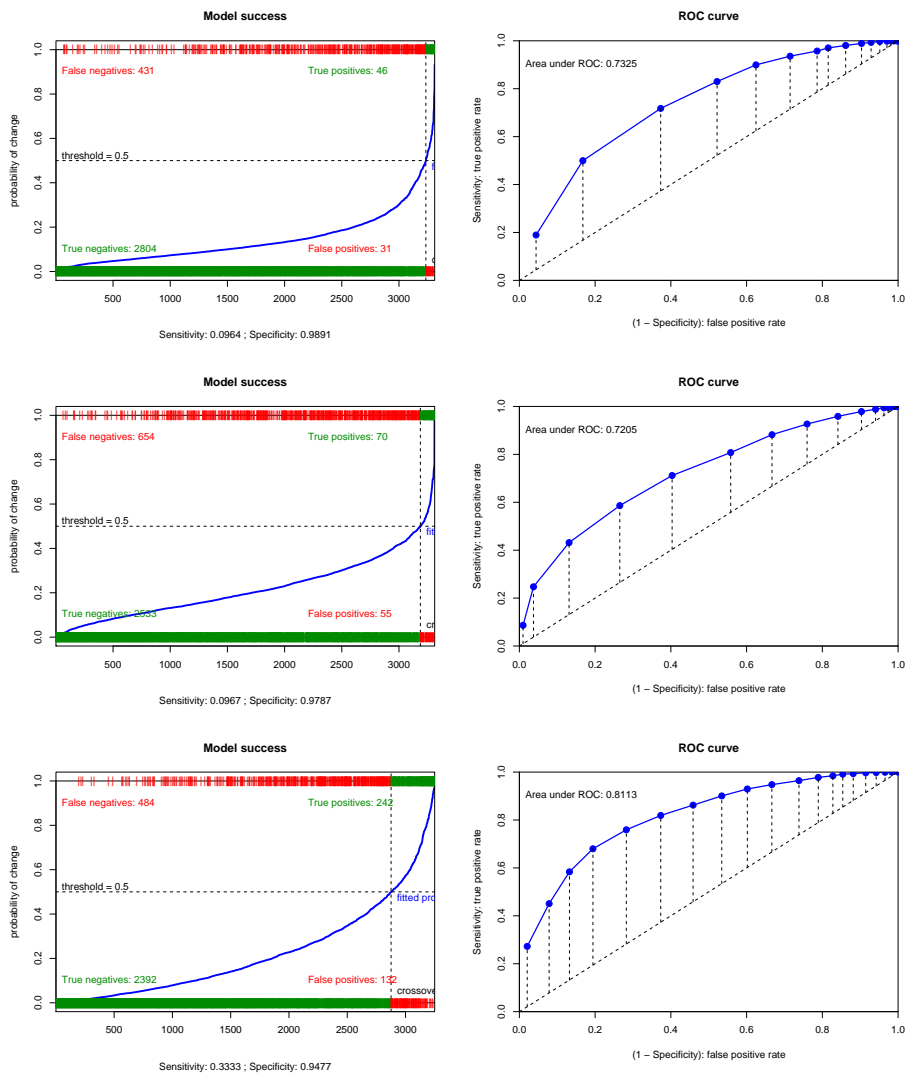
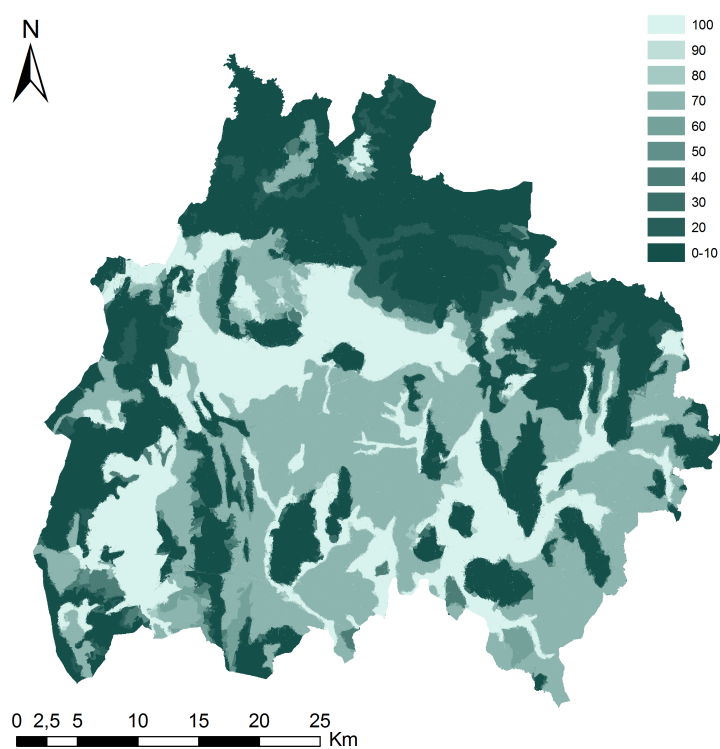


Figura B.12. Diagramas de regresión loxística: transicións entre cubertas. De arriba a abaixo: (1) SAU-mato, (2) SAU-arborado, (3) mato-SAU.

Apéndice **C**

Puntuación dos factores
considerados no capítulo 7

**Figura C.1.** Capacidade produtiva do solo

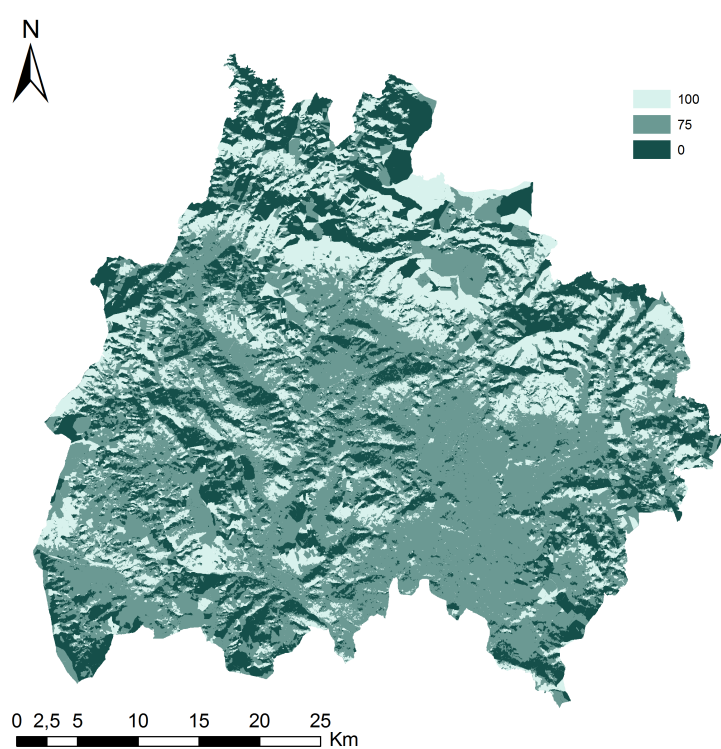
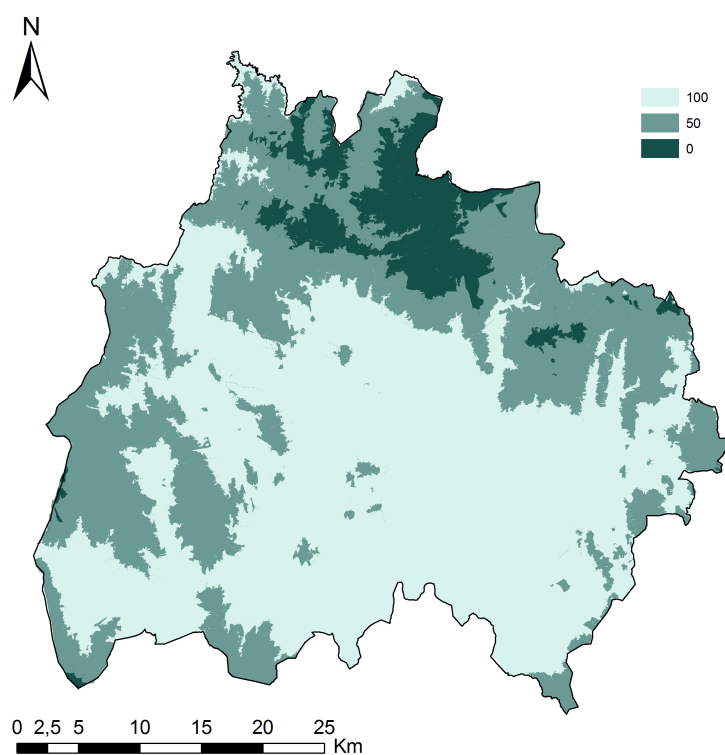


Figura C.2. Radiación solar total no solsticio de invierno

**Figura C.3.** Altitude

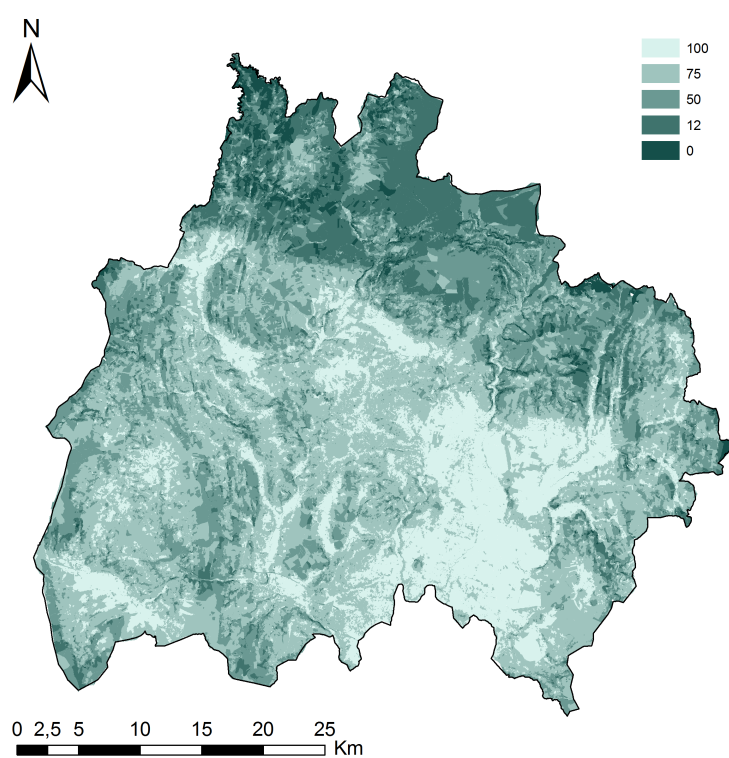


Figura C.4. Pendente do terreno

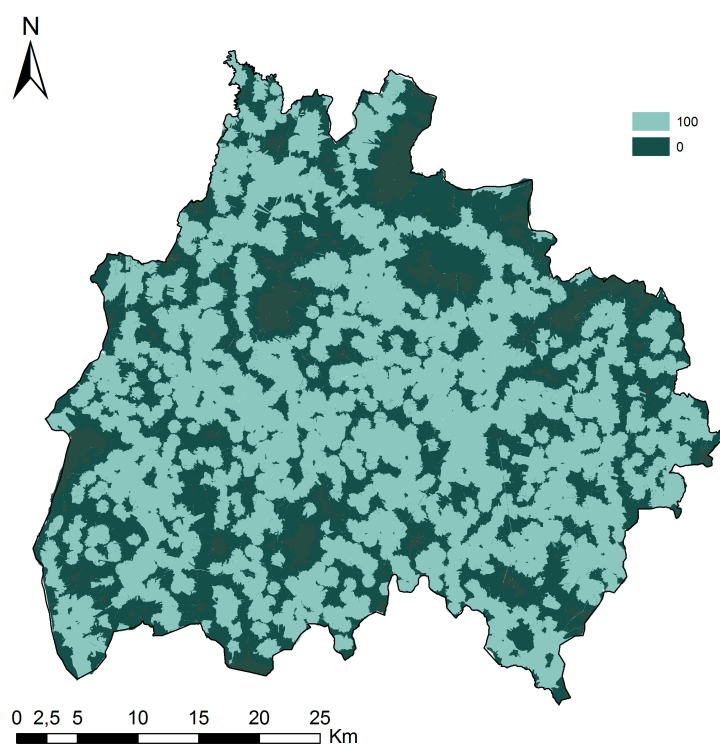


Figura C.5. Proximidade a núcleos de poboación

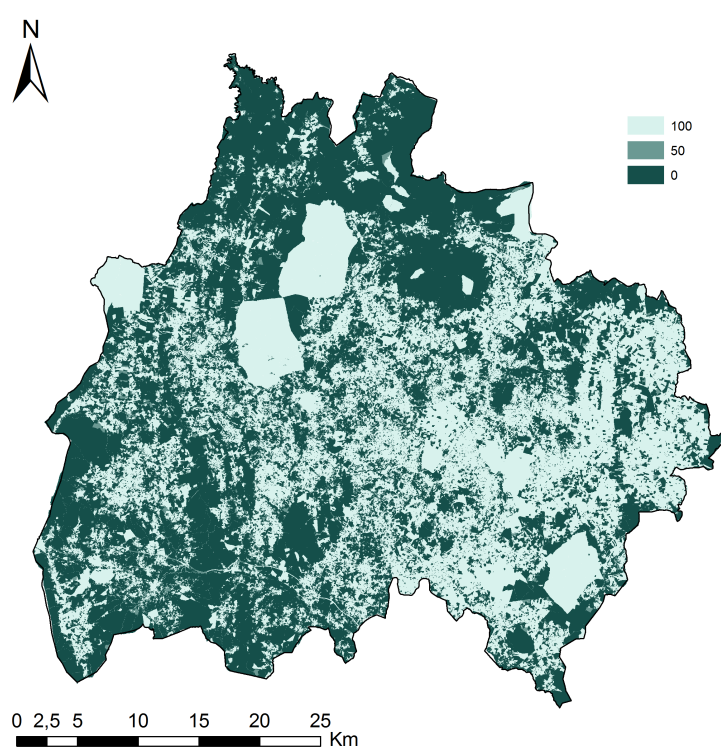
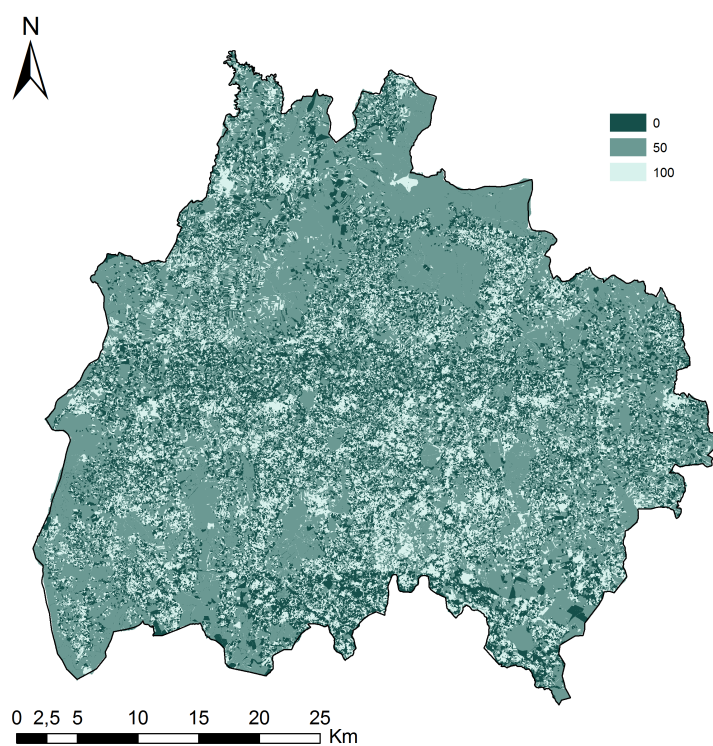


Figura C.6. Uso actual da parcela e das parcelas contiguas

**Figura C.7.** Uso pasado

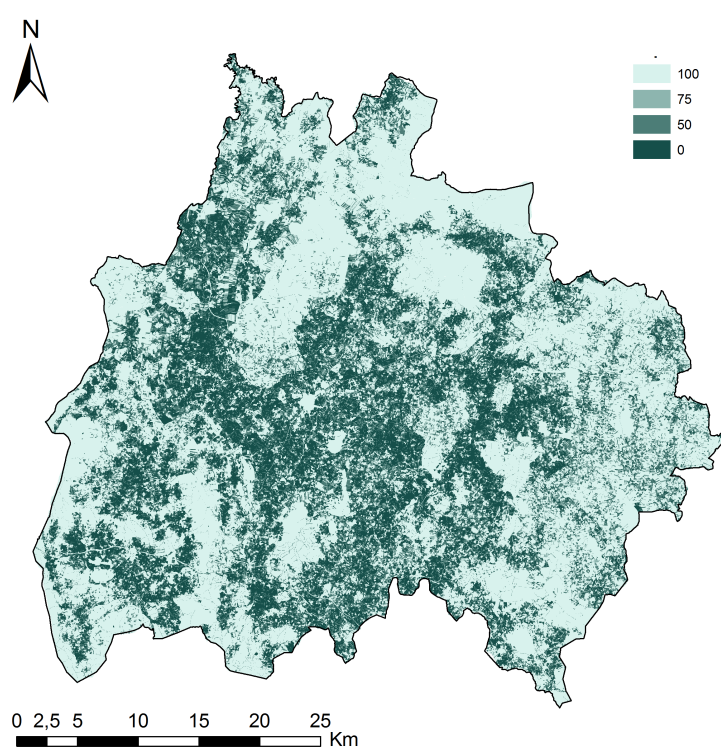
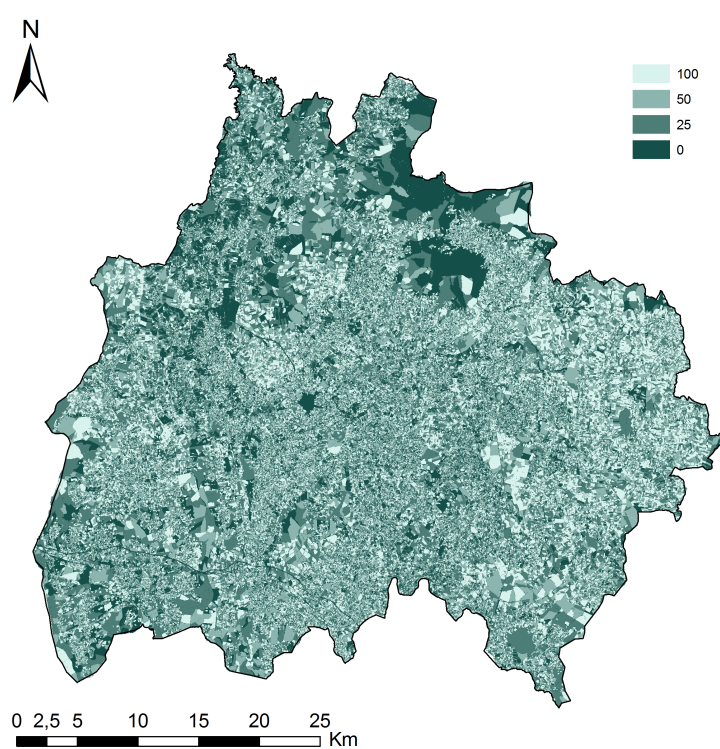


Figura C.8. Tamaño de parcela

**Figura C.9.** Forma da parcela

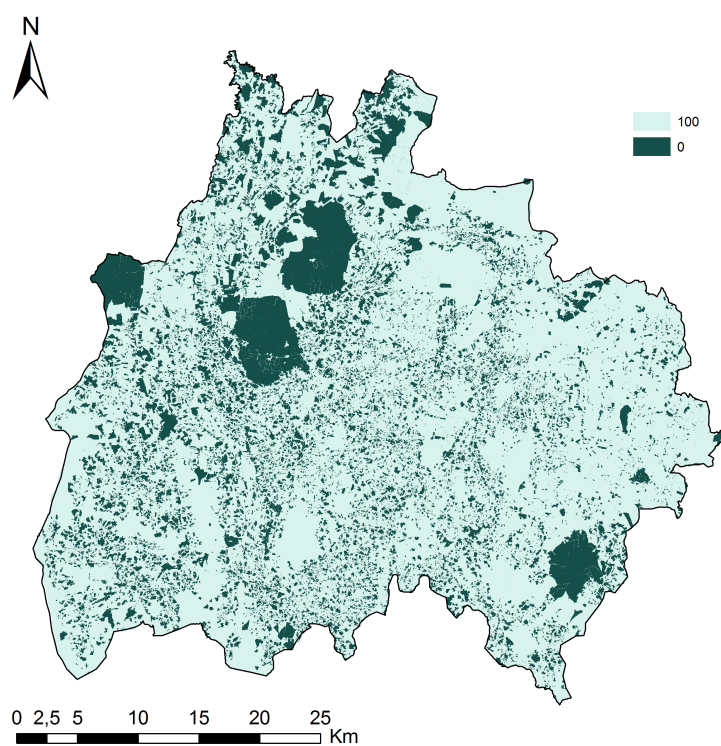


Figura C.10. Proximidade a vias

Bibliografía

- Agüera, F., Aguilar, F. J. & Aguilar, M. A. (2008), ‘Using texture analysis to improve per-pixel classification of very high resolution images for mapping plastic greenhouses’, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **63**(6), 635–646. [Cit. pág. 105]
- Anselin, L. (2002), ‘Under the hood. issues in the specification and interpretation of spatial regression models’, *Agricultural Economics* **27**, 247–267. [Cit. pág. 92]
- Balboa López, X. (1990), *O monte en Galicia*, Xerais, Vigo. [Cit. páxs. 5, 30 e 60]
- Baldock, D., Beaufoy, G., Brouwer, F. & Godeschalk (1996), *Farming at the margins: abandonment or redeployment of agricultural land in Europe*, Institute for European Environmental Policy, London/The Hague. [Cit. páxs. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 30]
- Barredo, J. I. (1996), *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, Ra-ma, Madrid. [Cit. pág. 149]
- Barrio, M., Loureiro, M. & Chas Amil, M. L. (2007), ‘Aproximación a las pérdidas económicas ocasionadas a corto plazo por los incendios forestales en Galicia en 2006’, *Economía Agraria y Recursos Naturales* **7**(14), 45–64. [Cit. páxs. 1 e 24]
- Baudry, J. (1991), Ecological consequences of grazing extensification and land abandonment: role of interactions between environment, society and techniques, in J. Baudry & R. G. H. Bunce, eds, ‘Land abandonment and its role in conservation’, Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens, num 15. [Cit. páxs. 13 e 14]

- Beguería, S. (2006), 'Changes in land cover and shallow landslide activity: A case study in the Spanish Pyrenees', *Geomorphology* **74**, 196–206. [Cit. páx. 22]
- Bengston, D. N., Fletcher, J. O. & Nelson, K. C. (2004), 'Public policies for managing urban growth and protecting open space: policy instruments and lessons learned in the United States', *Landscape and Urban Planning* **69**, 271–286. [Cit. páx. 128]
- Bertaglia, M., Joost, S., Roosen, J. & Consortium, E. (2007), 'Identifying European marginal areas in the context of local sheep and goat breeds conservation: A geographic system approach', *Agricultural Systems* **94**, 657–670. [Cit. páxs. 19 e 21]
- Bivand, R. (2008), *spgrass6: Interface between GRASS 6 geographical information system and R*. R package version 0.5-3.
URL: <http://grass.osgeo.org/> [Cit. páx. 107]
- Bivand, R., with contributions by Luc Anselin, Assunção, R., Berke, O., Bernat, A., Carvalho, M., Chun, Y., Dormann, C., Dray, S., Halbersma, R., Krainski, E., Lewin-Koh, N., Li, H., Ma, J., Millo, G., Mueller, W., Ono, H., Peres-Neto, P., Reder, M., Tiefelsdorf, M., & Yu, D. (2008), *spdep: Spatial dependence: weighting schemes, statistics and models*. R package version 0.4-29. [Cit. páx. 92]
- Bouhier, A. (2001), *Galicia. Ensaio xeográfico de análise e interpretación dun vello complexo agrario*, Biblioteca de Clásicos Agrarios Galegos, vol. XVI (trad. do orixinal de 1979), Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria (Xunta de Galicia). [Cit. páxs. 5, 30, 56, 58, 59 e 60]
- Bouman, C. & Shapiro, M. (1992), 'Multispectral image segmentation using a multiscale image model', *Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. pp. San Francisco, California, March 23–26, pp. III–565–568. [Cit. páx. 111]
- Bouman, C. & Shapiro, M. (1994), 'A multiscale random field model for bayesian image segmentation', *IEEE Transactions on Image Processing* **3**(2), 162–177. [Cit. páx. 111]
- Bower, M. A., Spencer, M., Matsumura, S., Ellen, R., Nisbet, R. & Howe, C. J. (2005), 'How many clones need to be sequenced from a single forensic or ancient dna sample in order to determine a reliable consensus sequence?', *Nucleic Acids Research* **33**, 2549–2556. [Cit. páx. 66]
- Brabec, E. & Smith, C. (2002), 'Agricultural land fragmentation: the spatial effects of three land protection strategies in the eastern United States', *Landscape and Urban Planning* **58**(2), 255–268. [Cit. páxs. 128 e 140]

- Braimoh, A. K. & Onishi, T. (2007), 'Geostatistical techniques for incorporating spatial correlation into land use change models', *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. [Cit. páx. 97]
- Bunce, M. (1998), 'Thirty years of farmland preservation in North America: discourses and ideologies of a movement', *Journal of Rural Studies* **14**(2), 233–247. [Cit. páx. 128]
- Busch, G. (2006), 'Future European agricultural landscapes – what can we learn from existing quantitative land use scenario studies?', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **114**(1), 121–140. [Cit. páx. 3]
- Calvo Iglesias, M. S. (2005), *Characterization and dynamics of the cultural landscapes in Galicia with GIS and remote sensing tools for planning and management. Application in a Northern area of the province of Lugo*, Tese Doutoral. Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páx. 64]
- Cammeraat, L. H. & Imeson, A. C. (1999), 'The evolution and significance of soil-vegetation patterns following land abandonment and fire in Spain', *CATENA* **37**, 107–127. [Cit. páx. 22]
- Cardesín Díaz, J. M. (1987), 'Política agraria y transformaciones en la agricultura gallega: la zona de colonización de Terra Chá (1954-1973)', *Agricultura y Sociedad* **44**, 243–280. [Cit. páxs. 7, 52, 56, 57, 58 e 98]
- Cardesín Díaz, J. M. (1992), *Tierra, trabajo y reproducción social en una aldea gallega (s. XVIII-XX): Muerte de unos, vida de otros*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid. [Cit. páxs. 5 e 56]
- Cariboni, J., Gatelli, D., Liska, R. & Saltelli, A. (2007), 'The role of sensitivity analysis in ecological modelling', *Ecological Modelling* **203**, 167–182. [Cit. páx. 141]
- Carmel, Y. & Kadmon, R. (1998), 'Computerized classification of Mediterranean vegetation using panchromatic aerial photographs', *Journal of Vegetation Science* **9**, 445–454. [Cit. páxs. 105 e 106]
- Carpintero, O. & Naredo Pérez, J. M. (2006), 'Sobre la evolución de los balances energéticos de la agricultura española, 1950-2000', *Historia Agraria* **40**, 531–554. [Cit. páx. 30]
- Castelao Gegunde, A. M. & Díaz-Fierros Viqueira, F. (1992), *Os solos da Terra Chá. Tipos, xénese e aproveitamento*, Servicio de Publicacións da Deputación Provincial de Lugo. [Cit. páx. 52]
- Castella, J. C., Kam, S. P., Quang, D. D., Verburg, P. H. & Hoanh, C. T. (2007), 'Combining top-down and bottom-up modelling approaches of

- land use/cover change to support public policies: Application to sustainable management of natural resources in northern Vietnam', *Land Use Policy* **24**(3), 531–545. [Cit. páx. 81]
- Cerdá, A. (2003), 'Tierras marginales, abandono del campo y erosión', *Mètode: Revista de difusió de la investigació de la Universitat de Valencia* **1**, 176–179. [Cit. páxs. 18 e 22]
- CGIAR Consortium for Spatial Information (2008), *SRTM 90m Digital Elevation Data*.
URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/> [Cit. páx. 171]
- Chuvieco Salinero, E. (2006), *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*, Ariel, Barcelona. [Cit. páxs. 104 e 113]
- Cliff, A. D. & Ord, J. K. (1981), *Spatial processes: models and applications*, Pion Limited, London. [Cit. páxs. 92 e 93]
- Collantes Gutiérrez, F. (2007), 'La desagrarización de la sociedad rural española, 1950-1991', *Historia Agraria* **42**, 251–276. [Cit. páxs. 54 e 56]
- Collantes Gutiérrez, F. & Pinilla Navarro, V. (2002), 'La dinámica territorial de la población española: una exploración preliminar', *Documentos de Trabajo (Centro de Estudios sobre la Despoblación y Desarrollo de Areas Rurales)* **3**. [Cit. páx. 54]
- Comisión Europea (2005), *Plan de acción sobre la biomasa*, Comunicación de la Comisión, COM(2005) 628 final. Bruselas. [Cit. páx. 18]
- Consellería de Medio Ambiente (2001), *O bosque avanza*, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. [Cit. páx. 16]
- Consellería de Medio Rural (2008), *Plan de Prevención e Defensa contra os Incendios Forestais de Galicia (PLADIGA)*, Xunta de Galicia. Consellería de Medio Rural.
URL: http://mediorural.xunta.es/areas/forestal/incendios_forestais/pladiga_efectivos_e_medios/ [Cit. páx. 1]
- Consello Económico e Social de Galicia (2005), *Análise, balance e propostas sobre incendios forestais. Medidas preventivas, aproveitamento da biomasa residual e outras*, CES, Colección Informes 2/05. [Cit. páx. 23]
- Corbelle Rico, E., Gil Docampo, M. L., Armesto González, J. & Rego Sanmartín, T. (2006), 'La escala cartográfica de la imagen de satélite. caso particular de las imágenes Ikonos y Quickbird', *Revista de teledetección* **26**, 18–23. [Cit. páx. 62]

- Cots Folch, R., Aitkenhead, M. J. & Martínez Casanovas, J. A. (2007), 'Mapping land cover from detailed aerial photography data using textural and neural network analysis', *International Journal of Remote Sensing* **28**(7), 1625–1642. [Cit. páxs. 105 e 106]
- Crecente Maseda, R., Álvarez López, C. & Fra Paleo, U. (2002), 'Economic, social and environmental impact of land consolidation in Galicia', *Land Use Policy* **19**, 135–147. [Cit. páx. 85]
- Crecente Maseda, R., Fra Paleo, U. & Álvarez López, C. (2001), *Concentración parcelaria en Galicia. Caracterización e avaliación*, Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. [Cit. páxs. 56 e 72]
- Crosetto, M., Tarantola, S. & Saltelli, A. (2000), 'Sensitivity and uncertainty analysis in spatial modelling based on GIS', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **81**, 71–79. [Cit. páxs. 141 e 142]
- Daniels, T. L. & Reed, D. E. (1988), 'Agricultural zoning in a metropolitan county: An evaluation of the Black Hawk County, Iowa, program', *Landscape and Urban Planning* **16**(4), 303–310. [Cit. páx. 128]
- De la Rosa, D., Anaya Romero, M., Díaz Pereira, E., Heredia, N. & Shahbazi, F. (2009), 'Soil-specific agro-ecological strategies for sustainable land use. a case study by using MicroLEIS DSS in Sevilla Province (Spain)', *Land Use Policy* **26**(4), 1055–1065. [Cit. páx. 140]
- De la Rosa, D., Mayol, F., Díaz Pereira, E., Fernández, M. & De la Rosa, D. J. (2004), 'A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection. with special reference to the Mediterranean region', *Environmental Modelling & Software* **19**, 929–942. [Cit. páx. 140]
- Definiens Imaging (2004), *eCognition professional v. 4 User Guide*. [Cit. páxs. 106 e 111]
- Díaz-Fierros Viqueira, F. (1981), 'As contas da enerxía da agricultura galega', en: *Necesidad y satisfacción: Ponencias del Seminario A de la IX experiencia de Sargadelos celebrada en agosto de 1980* pp. 157–178. [Cit. páx. 30]
- Díaz-Fierros Viqueira, F. & Gil Sotres, F. (1984), *Capacidad productiva de los suelos de Galicia*, Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páxs. 137, 138, 140, 142, 146 e 147]
- Díaz Manso, J. M., Aller González, D., Martín Rosón, A., Barcia Noia, B. & Pereira Paulo, S. (2007), 'Dúas perspectivas sobre a cartografía de coberturas e usos do solo en Galicia', *Revista Galega de Economía* **16**(1), 71–94. [Cit. páxs. 37 e 40]

- Díaz Manso, J. M., Martín Rosón, A., Aller González, D., Barcia Noia, B., Ferradáns Nogueira, P. & Fortes Álvarez, N. (2006), Estimación de usos del suelo mediante técnicas cartográficas y de muestreo en galicia, *in* M. T. Camacho Olmedo, J. A. Cañete Pérez & J. J. Lara Valle, eds, 'Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica', Universidad de Granada. [Cit. páx. 32]
- DLG (2005), *Land abandonment, biodiversity and the CAP*, Dienst Landelijk Gebied (Government Service for Land and Water Management of the Netherlands), Utrecht. [Cit. páxs. 14, 16 e 22]
- Dorfman, J. H., Barnett, B. J., Bergstrom, J. C. & Lavigno, B. (2008), 'Searching for farmland preservation markets: evidence from the Southeastern U.S.', *Land Use Policy* 26, 121–129. [Cit. páx. 128]
- Dunjó, G., Pardini, G. & Gispert, M. (2003), 'Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, NE Spain', *CATENA* 52, 23–37. [Cit. páx. 22]
- EEA (2004), *High nature value farmland. Characteristics, trends and policy challenges*, European Environment Agency. Report N° 39 (1/2004), Luxembourg. [Cit. páx. 22]
- EEA (2006a), *Land accounts for Europe 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting*, European Environment Agency. Report No 11/2006, Copenhagen. [Cit. páxs. 13, 36 e 128]
- EEA (2006b), *The thematic accuracy of Corine land cover 2000: assessment using LUCAS (land use/cover area frame statistical survey)*, EEA Technical Report No 7/2006.
URL: http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2006_7/en [Cit. páx. 36]
- Ellison, W. (1953), *Marginal land in Britain*, Geoffrey Bles, Londres. [Cit. páx. 18]
- Evans, T. P., Manire, A., de Castro, F., Brondizio, E. & McCracken, S. (2001), 'A dynamic model of household decision-making and parcel level landcover change in the eastern Amazon', *Ecological Modelling* 143, 95–113. [Cit. páx. 82]
- Everitt, B. S. & Hothorn, T. (2006), *A handbook of statistical analyses using R*, Chapman & Hall, Boca Ratón. [Cit. páx. 83]
- FAO (1976), *A framework for land evaluation*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soils Bulletin 32. [Cit. páxs. 136 e 137]

- FAO (2006), *The role of agriculture and rural development in revitalizing abandoned/depopulated areas*, Food and Agriculture Organization. 34th Session of the European Commission on Agriculture. Riga, Latvia. [Cit. páxs. 13, 14, 19 e 23]
- Fernández García, F. (1998), 'Las primeras aplicaciones civiles de la fotografía aérea en España. 1: El Catastro y las Confederaciones Hidrográficas', *Ería* 46, 117–130. [Cit. páx. 61]
- Fernández García, F. & Quirós Linares, F. (1997), 'El vuelo fotográfico de la "Serie A"', *Ería* 43, 190–198. [Cit. páx. 61]
- Fernández Leiceaga, X. (2000), 'Os escenarios demográficos de galiza e as súas implicacións económicas', *Revista Galega de Economía* 9(1), 133–152. [Cit. páx. 24]
- Fernández Prieto, L. (1992), *Labregos con ciencia: estado, sociedade e innovación tecnolóxica na agricultura galega, 1850-1939*, Ed. Xerais, Vigo. [Cit. páxs. 5 e 56]
- Fernández Prieto, L., ed. (2000), *Terra e progreso: historia agraria da Galicia contemporánea*, Ed. Xerais, Vigo. [Cit. páx. 5]
- Fernández Sarriá, A., Recio Recio, J. & Ruíz Fernández, L. A. (2003), 'Análisis de imágenes mediante texturas: aplicación a la clasificación de unidades de vegetación', *GeoFocus (Artículos)* 3, 143–159. [Cit. páx. 111]
- Ferrer, C., San Miguel, A. & Olea, L. (2001), 'Nomenclátor básico de pastos en España', *Pastos* 29(2), 7–44. [Cit. páx. 33]
- García Arias, A. I. & Pérez Fra, M. (2001), 'Análise e evolución da aplicación en Galicia do programa de axudas á reforestación de terras agrarias (Reg. CEE 2080/92)', *Revista Galega de Economía* 10(1), 151–176. [Cit. páxs. 17 e 71]
- García Pérez, A. (2002), *Métodos avanzados de estadística aplicada*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. [Cit. páx. 173]
- Gellrich, M., Baur, P., Koch, B. & Zimmermann, N. E. (2006), 'Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis', *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118, 93–108. [Cit. páxs. 27, 84, 87, 89 e 97]
- Gellrich, M. & Zimmermann, N. E. (2006), 'Investigating the regional-scale pattern of agricultural land abandonment in the Swiss mountains: A spatial statistical modelling approach', *Landscape and Urban Planning* 79, 65–76. [Cit. páx. 27]

- Geneletti, D. (2007), 'An approach based on spatial multicriteria analysis to map the nature conservation value of agricultural land', *Journal of Environmental Management* **83**, 228–235. [Cit. páx. 141]
- Geneletti, D. & van Duren, I. (2008), 'Protected area zoning for conservation and use: a combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation', *Landscape and Urban Planning* **85**(2), 97–110. [Cit. páx. 141]
- Glaz, J. & Sison, C. P. (1999), 'Simultaneous confidence intervals for multinomial proportions', *Journal of Statistical Planning and Inference* **82**, 251–262. [Cit. páx. 66]
- Gobierno Vasco (2005), *Plan Territorial Sectorial Agroforestal de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Documento de Aprobación Inicial)*, Departamento de Agricultura y Pesca. [Cit. páx. 18]
- Goodman, L. A. (1965), 'On simultaneous confidence intervals for multinomial proportions', *Technometrics* **7**, 247–254. [Cit. páxs. 66, 67 e 68]
- Gorry, G. A. & Morton, M. S. S. (1971), *A framework for management information systems*, Working paper, Massachusetts Institute of Technology. [Cit. páx. 134]
- GRASS Development Team (2008), *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software*, Open Source Geospatial Foundation, USA.
URL: <http://grass.osgeo.org> [Cit. páxs. 85, 106, 170 e 171]
- Haralick, R. M., Shanmugam, K. & Dinstein, I. (1973), 'Textural features for image classification', *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* **3**(6), 610–621. [Cit. páx. 105]
- Helms, D. (1992), The development of the Land Capability Classification, in D. Helms, ed., 'Readings in the History of the Soil Conservation Service', Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C. [Cit. páx. 136]
- Höchtel, F., Lehringer, S. & Konold, W. (2005), '"Wilderness": what it means when it becomes a reality - a case study from the Southwestern Alps', *Landscape and Urban Planning* **70**, 85–95. [Cit. páx. 23]
- Hofierka, J., Parajka, J., Mitasova, H. & Mitas, L. (2002), 'Multivariate interpolation of precipitation using regularized spline with tension', *Transactions in GIS* **6**(16), 135–150. [Cit. páxs. 170 e 171]
- Hornik, K., Zeileis, A., Hothorn, T. & Buchta, C. (2009), *RWeka: an R interface to Weka. R package version 0.3-15*.
URL: <http://CRAN.R-project.org/> [Cit. páxs. 107 e 112]

- Hutchinson, C. F., Unruh, J. D. & Bahre, C. J. (2000), 'Land use vs. climate as causes of vegetation change: a study in SE Arizona', *Global Environmental Change* **10**, 47–55. [Cit. páx. 105]
- ICONA (1972a), *Inventario Forestal Nacional. La Coruña*, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Servicio de Publicaciones Agrarias. [Cit. páx. 35]
- ICONA (1972b), *Inventario Forestal Nacional. Lugo*, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Servicio de Publicaciones Agrarias. [Cit. páx. 35]
- ICONA (1972c), *Inventario Forestal Nacional. Pontevedra*, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Servicio de Publicaciones Agrarias. [Cit. páx. 35]
- ICONA (1974), *Inventario Forestal Nacional. Orense*, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Servicio de Publicaciones Agrarias. [Cit. páx. 35]
- Iglesias Patiño, C. L., López Vizcaíno, M. E. & Sánchez Fernández, P. (2000), 'Dimensionalidade da capacidade económica nas comarcas galegas', *Revista Galega de Economía* **9**(2), 67–90. [Cit. páx. 52]
- Instituto Nacional de Estadística (1964), *Censo agrario de España (primerro): octubre de 1962. (Tomos provinciales)*, INE, Madrid. [Cit. páxs. 14, 15, 33, 54, 55, 73 e 89]
- Instituto Nacional de Estadística (1973), *Censo agrario de España 1972. Serie A, Primeros resultados. (Tomos provinciales)*, INE, Madrid. [Cit. páxs. 14, 15 e 33]
- Instituto Nacional de Estadística (1984), *Censo agrario de España 1982. Tomo III, Resultados provinciales. (Tomos provinciales)*, INE, Madrid. [Cit. páxs. 14, 15 e 33]
- Instituto Nacional de Estadística (2008a), *Censo Agrario de 1989*.
URL: <http://www.ine.es> [Cit. páxs. 14, 15 e 33]
- Instituto Nacional de Estadística (2008b), *Censo Agrario de 1999*.
URL: <http://www.ine.es> [Cit. páxs. 14, 15, 33, 54, 55, 56, 73 e 89]
- Instituto Nacional de Estadística (2009), *Censo de poboación e vivendas*.
URL: <http://www.ine.es> [Cit. páx. 14]
- Instituto Nacional de Meteorología (2000), *Datos resumen de la red de estaciones termopluviométricas y completas del Centro Meteorológico Territorial de Galicia*. [Cit. páx. 87]

- IRYDA (1972), 'Tierra llana (Lugo)'. [Cit. páx. 56]
- Jeffrey, S. J., Carter, J. O., Moodie, K. B. & Beswick, A. R. (2001), 'Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data', *Environmental Modelling & Software* **16**, 309–330. [Cit. páx. 170]
- Johansen, K., Coops, N. C., Gergel, S. E. & Stange, Y. (2007), 'Application of high spatial resolution satellite imagery for riparian and forest ecosystem classification', *Remote Sensing of Environment* **110**, 29–44. [Cit. páxs. 106 e 114]
- Kadmon, R. & Harari-Kremer, R. (1999), 'Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs', *Remote Sensing of Environment* **68**, 164–176. [Cit. páx. 105]
- Keesstra, S. D., van Huissteden, J., Vandenberghe, J., van Dam, O., de Gier, J. & Pleizier, I. D. (2005), 'Evolution of the morphology of the river Dragonja (SW Slovenia) due to land-use changes', *Geomorphology* **69**, 191–207. [Cit. páx. 22]
- Kellogg, C. E. (1951), 'Soil and land classification', *Journal of Farm Economics* **33**, 499–513. [Cit. páx. 136]
- Klijn, J. A., Vullings, L. A. E., Berg, M., van Meijl, H., van Lammeren, R., van Rheenen, T., Tabeau, A. A., Veldkamp, T. A., Verburg, P. H., Westhoek, H. J. & Eickhout (2005), *The EURURALIS study: Technical document*, Alterra, Wageningen. [Cit. páxs. 3 e 4]
- Klingebiel, A. A. & Montgomery, P. H. (1961), *Land Capability Classification*, Agriculture Handbook n. 210, Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture, Washington D. C. [Cit. páx. 136]
- Kobler, A., Cunder, T. & Pirnat, J. (2005), 'Modelling spontaneous afforestation in Postojna area, Slovenia', *Journal for Nature Conservation* **13**, 127–135. [Cit. páxs. 14, 27 e 87]
- Koomen, E., Dekkers, J. & van Dijk, T. (2008), 'Open-space preservation in the netherlands: planning, practice and prospects', *Land Use Policy* **25**, 361–377. [Cit. páx. 129]
- Koulouri, M. & Giourga, C. (2007), 'Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands', *CATENA* **69**, 274–281. [Cit. páx. 22]
- Kristensen, L. S., Thenail, C. & Kristensen, S. P. (2004), 'Landscape changes in agrarian landscapes in the 1990s: the interaction between farmers and the farmed landscape. a case study from Jutland, Denmark', *Journal of Environmental Management* **71**, 231–244. [Cit. páx. 27]

- Lahav-Ginott, S., Kadmon, R. & Gersani, M. (2001), 'Evaluating the viability of *Acacia* populations in the Negev Desert: a remote sensing approach', *Biological Conservation* **98**(2), 127–137. [Cit. páx. 105]
- Laliberte, A. S., Rango, A., Havstad, K. M., Paris, J. F., Beck, R. F., McNee-ly, R. & González, A. L. (2004), 'Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico', *Remote Sensing of Environment* **93**(2), 198–210. [Cit. páxs. 105, 106 e 110]
- Lesschen, J. P., Verburg, P. H. & Staal, S. J. (2005), *Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems*, LUCC Report Series, No. 7. The International Livestock Research Institute, Nairobi & LUCC Focus 3 Office, Wageningen University. [Cit. páx. 95]
- Liao, S. (2003), 'Knowledge management technologies and applications – literature review from 1995 to 2002', *Expert Systems with Applications* **25**, 155–164. [Cit. páx. 133]
- Lichtenberg, E. & Ding, C. (2008), 'Assessing farmland protection policy in China', *Land Use Policy* **25**(1), 59–68. [Cit. páx. 129]
- López Andiñ, J. M. (1979), *Estructura y morfología agraria en la Terra Chá*, Universidade de Santiago de Compostela. Secretariado de Publicacións. [Cit. páxs. 7 e 52]
- López Cadenas, F. & García Barcenas, V. (1968), *Aplicación de la fotografía aérea a los proyectos de restauración hidrológico-forestal*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Ministerio de Agricultura, Madrid. [Cit. páx. 61]
- López Charques, R. (1997), *Estudio socioeconómico de Terra Chá*, Servizo de publicacións da Diputación Provincial de Lugo. [Cit. páx. 52]
- López Iglesias, E. (1995), *Demografía e estruturas agrarias, análise da dinámica demográfica e das mudanzas nas estruturas fundiárias da agricultura galega, 1950-1993*, Tese Doutoral, Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páxs. 5, 6, 30, 34, 38 e 39]
- López Iglesias, E. (1996), *Movilidad de la tierra y dinámica de las estructuras agrarias en Galicia*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid. [Cit. páxs. 14, 15, 27, 56 e 72]
- López Iglesias, E. (2000), 'O sector agrario galego ás portas do século XXI: balance das súas transformacións recentes', *Revista Galega de Economía* **9**(1), 167–196. [Cit. páxs. 2, 24, 30 e 43]

- Lorenzana Fernández, R. (2006), *El cambio estructural en las explotaciones de bovino en Galicia (años 1962 a 2003)*, Tese Doutoral, Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páx. 5]
- MacDonald, D., Crabtree, J. R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutiérrez Lazpita, J. & Gibon, A. (2000), 'Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response', *Journal of Environmental Management* **59**, 47–69. [Cit. páxs. 21, 22, 24 e 27]
- Makowski, M. & Wierzbicki, A. P. (2000), Architecture of decision support systems, in A. P. Wierzbicki, M. Makowski & J. Wessels, eds, 'Model-based decision support methodology with environmental applications', Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 47–70. [Cit. páx. 134]
- Manna, P., Basile, A., Bonfante, A., De Mascellis, R. & Terribile, F. (2009), 'Comparative land evaluation approaches: an itinerary from FAO framework to simulation modelling', *Geoderma* **150**(3–4), 367–378. [Cit. páx. 140]
- Marignani, M., Rocchini, D., Torri, D., Chiarucci, A. & Maccherini, S. (2008), 'Planning restoration in a cultural landscape in Italy using an object-based approach and historical analysis', *Landscape and Urban Planning* **84**(1), 28–37. [Cit. páx. 105]
- Martínez Cortizas, A. & Pérez Alberti, A. (1999), *Atlas climático de Galicia*, Xunta de Galicia. [Cit. páxs. 87, 170, 171 e 174]
- Martino, L. & Fritz, M. (2008), *New insight into land cover and land use in Europe. Land Use/Cover Area frame statistical Survey: Methodology and Tools*, Eurostat Report (Statistics in focus) 33/2008. [Cit. páx. 63]
- Matthews, K. B., Shwarz, G., Buchan, K., Rivington, M. & Miller, D. (2008), 'Wither agricultural DSS?', *Computers and Electronics in Agriculture* **61**, 149–159. [Cit. páx. 135]
- May, W. L. & Johnson, W. D. (1997), 'Properties of simultaneous confidence intervals for multinomial proportions', *Communications in Statistics - Simulation and Computation* **26**(2), 495–518. [Cit. páx. 66]
- McCauley, J. D. & Engel, B. A. (1995), 'Comparison of scene segmentations: SMAP, ECHO and Maximum Likelihood', *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **33**(6), 1313–1316. [Cit. páx. 111]
- McCown, R. L. (2002a), 'Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects', *Agricultural Systems* **74**, 179–220. [Cit. páx. 135]

- McCown, R. L. (2002b), 'Locating agricultural decision support systems in the troubled past and socio-technical complexity of models for management', *Agricultural Systems* **74**, 11–25. [Cit. páx. 135]
- Menard, S. (2001), *Applied Logistic Regression Analysis*, Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-106. Thousand Oaks, CA: Sage. [Cit. páxs. 84, 89 e 94]
- Millington, J. D. A. (2007), *Modelling Land-Use/Cover Change and wildfire regimes in a Mediterranean Landscape*, Tese Doutoral, King's College, Londres. [Cit. páxs. 23, 80 e 87]
- Millington, J. D. A., Perry, G. L. W. & Romero Calcerrada, R. (2007), 'Regression techniques for examining land use/cover change: A case study of a Mediterranean landscape', *Ecosystems* **10**(4), 562–578. [Cit. páxs. 64, 89 e 93]
- Millington, J. D. A., Romero Calcerrada, R., Wainwright, J. & Perry, G. (2008), 'An agent-based model of Mediterranean agricultural land use/cover change for examining wildfire risk', *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **11**(4), 4. [Cit. páx. 166]
- Ministerio de Agricultura (1962), *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España*, Dirección General de la Producción Agraria, Madrid. [Cit. páx. 36]
- Ministerio de Agricultura (1966–1973), *Anuario estadístico de la producción agrícola (1965-1972)*. [Cit. páx. 31]
- Ministerio de Agricultura (1974), *Caracterización de la capacidad agrológica de los suelos de España. Metodología y normas*, Madrid. [Cit. páx. 136]
- Ministerio de Agricultura (1989), *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España*, Dirección General de la Producción Agraria, Madrid. [Cit. páx. 37]
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1974–1999), *Anuario de estadística agraria (1973-1998)*. [Cit. páx. 32]
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2000–2005), *Anuario de estadística agroalimentaria (1999-2005)*. [Cit. páx. 32]
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2002), *Metodología para la elaboración del SIGPAC. Anexo I: Recomendaciones técnicas para la generación de las ortofotos digitales del Sistema de Identificación de Parcelas Agrícolas*, Documento técnico de carácter interno. [Cit. páx. 62]

- Ministerio de Medio Ambiente (2005), *Los incendios forestales en España. Decenio 1996-2005*, Ministerio de Medio Ambiente. Subdirección general de política forestal y desertificación.
URL: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/defensa_incendios/estadisticas_incendios/pdf/estadisticas_decenio_1996-2005.pdf [Cit. páx. 1]
- Ministerio de Medio Ambiente (2006), *Incendios forestales en España. Año 2006*, Ministerio de Medio Ambiente. Subdirección general de política forestal y desertificación.
URL: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/defensa_incendios/estadisticas_incendios/pdf/publicacion_2006.pdf [Cit. páx. 1]
- Ministerio de Medio Ambiente (2007), *Los incendios forestales en España. Año 2007*, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
URL: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/defensa_incendios/estadisticas_incendios/pdf/incendiosforestales2007.pdf [Cit. páx. 1]
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2007), *Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera (2006-2007)*. [Cit. páx. 32]
- Minnich, R. A. (1983), 'Fire mosaics in Southern California and Northern Baja California', *Science* **219**(4590), 1287–1294. [Cit. páx. 23]
- Miranda Barrós, D. (2001), *Caracterización e avaliación da concentración parcelaria en Galicia. Proposta dun procedemento integral de ordenación rural baseado en métodos avanzados de SIX, fotogrametría dixital e análise multivariante*, Tese Doutoral. Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páxs. 56, 57, 72, 85 e 88]
- Miranda Barrós, D., Crecente Maseda, R. & Álvarez Taboada, M. F. (2006), 'Land consolidation in inland rural Galicia, NW Spain, since 1950: an example of the formulation and use of questions, criteria and indicators for evaluation of rural development policies', *Land Use Policy* **23**, 511–520. [Cit. páx. 85]
- Mirón Pérez, J. (2005), 'El catastro y la reforma de la Política Agraria Común de la U.E.: la implantación del SIGPAC', *CT: Catastro* **54**, 7–40. [Cit. páx. 38]
- Moreira, F., Rego, F. C. & Ferreira, P. G. (2001), 'Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of Northwestern Portugal: implications for fire occurrence', *Landscape Ecology* **16**, 557–567. [Cit. páxs. 23 e 27]
- Mottet, A., Ladet, S., Coqué, N. & Gibon, A. (2006), 'Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the

- Pyrenees', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **114**, 296–310. [Cit. páxs. 27, 64 e 87]
- Naredo Pérez, J. M. (2004), *La evolución de la agricultura en España (1940-2000)*, Universidad de Granada (4^a ed.). [Cit. páxs. 6 e 30]
- National Aeronautics and Space Administration (2008), *Shuttle Radar Topography Mission*.
URL: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> [Cit. pág. 171]
- Nellis, L. & Maca, M. N. (1986), 'The effectiveness of zoning for agricultural lands protection: a case study from Cache County, Utah', *Landscape and Urban Planning* **13**, 45–54. [Cit. pág. 128]
- Neteler, M. & Mitasova, H. (2004), *Open source GIS: a GRASS GIS approach (2nd edition)*, Springer, New York. [Cit. páxs. 85, 106, 171, 172 e 173]
- Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P. & Cernusca, A. (2000), 'Effects of land use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems', *Basic and Applied Ecology* **1**, 61–67. [Cit. pág. 22]
- Nunes de Lima, M. V., ed. (2005), *CORINE Land Cover updating for the year 2000. IMAGE2000 and CLC2000. Products and Methods*, Ispra, European Commission. DG JRC, IES, LMU, EUR 21757 EN. [Cit. pág. 35]
- Overmars, K. P., Verburg, P. H. & Veldkamp, T. A. (2007), 'Comparison of a deductive and an inductive approach to specify land suitability in a spatially explicit land use model', *Land Use Policy* **24**, 584–599. [Cit. páxs. 83, 84 e 87]
- Pease, J. R. & Coughlin, R. E. (1996), *Land evaluation and site assessment: a guidebook for rating agricultural lands*, 2nd edn, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa. [Cit. páxs. 138 e 139]
- Picos Martín, J. (2006), Consecuencias económico-sociales de los incendios. el caso de galicia en 2006, in 'Jornada de Técnicas de Defensa y Restauración del Monte ante Incendios Forestales, Santiago de Compostela'. [Cit. pág. 24]
- Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A. & Manik, G. A. (2002), 'Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model', *Computers, Environment and Urban Systems* **26**, 553–575. [Cit. pág. 82]
- Pillai, R. B., Weisberg, P. J. & Lingua, E. (2005), 'Object-oriented classification of repeat aerial photography for quantifying woodland expansion

- in central Nevada', *20th Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography, and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment, October 4-6, Weslaco, Texas*. [Cit. páx. 105]
- Piñol, J., Castellnou, M. & Beven, K. J. (2007), 'Conditioning uncertainty in ecological models: assessing the impact of fire management strategies', *Ecological modelling* **207**, 34–44. [Cit. páx. 23]
- Pinto Correia, T. (1993), Land abandonment: Changes in the land use patterns around the Mediterranean basin, Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéennes. Cahiers Options Méditerranéennes, v. 1(2), pp. 97–112. [Cit. páx. 14]
- Pinto Correia, T. & Mascarenhas, J. (1999), 'Contribution to the extensification/intensification debate: new trends in the Portuguese montado', *Landscape and Urban Planning* **46**, 125–131. [Cit. páx. 13]
- Pontius, R. G., Cornell, J. D. & Hall, C. A. (2001), 'Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **85**, 191–203. [Cit. páx. 82]
- Prada Blanco, A. (1990), *Analise estrutural do sector forestal en Galicia: uso do territorio e cadeas productivas*, Tese doutoral. Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páxs. 5 e 31]
- Prévosto, B., Dambrine, E., Coquillard, P. & Robert, A. (2006), 'Broom (*Cytisus scoparius*) colonization after grazing abandonment in the French Massif Central: impact on vegetation composition and resource availability', *Acta Oecologica* **30**, 258–268. [Cit. páx. 21]
- Pueyo, Y. & Beguería, S. (2007), 'Modelling the rate of secondary succession after farmland abandonment in a Mediterranean mountain area', *Landscape and Urban Planning* **83**, 245–254. [Cit. páx. 87]
- Pujol, G. (2008), *sensitivity: Sensitivity Analysis*. R package version 1.4-0. [Cit. páx. 141]
- Quan, B., Zhu, H., Chen, S., Römken, M. J. M. & Li, B. (2007), 'Land suitability assessment and land use change in Fujian province, China', *Pedosphere* **17**(4), 493–504. [Cit. páx. 6]
- Quinlan, J. R. (1993), *C4.5: programs for machine learning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA. [Cit. páx. 107]
- Qureshi, M. E., Harrison, S. R. & Wegener, M. K. (1999), 'Validation of multicriteria analysis models', *Agricultural Systems* **62**, 105–116. [Cit. páx. 141]

- R Development Core Team (2008), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
URL: <http://www.R-project.org> [Cit. páxs. 81, 106 e 112]
- Ramankutty, N. (2006), Global land-cover change: recent progress, remaining challenges, in E. F. Lambin & H. J. Geist, eds, 'Land-Use and Land-Cover change. Local processes and global impacts', Springer-Verlag, Berlin, pp. 9–38. [Cit. páx. 83]
- Rico Boquete, E. (1995), *Política forestal e repoboacións en Galicia (1941-1971)*, Servicio de Publicacións e Intercambio Científico, Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páxs. 5, 58 e 71]
- Robinson, T. P., van Klinken, R. D. & Metternicht, G. (2008), 'Spatial and temporal rates and patterns of mesquite (*Prosopis* species) invasion in Western Australia', *Journal of Arid Environments* **72**(3), 175–188. [Cit. páx. 105]
- Romero Calcerrada, R. & Perry, G. L. W. (2004), 'The role of land abandonment in landscape dynamics in the SPA Encinares del río Alberche y Cofío, Central Spain, 1984-1999', *Landscape and Urban Planning* **66**, 217–232. [Cit. páx. 23]
- Romero Díaz, A., Marín Sanleandro, P., Sánchez Soriano, A., Belmonte Serrato, F. & Faulkner, H. (2007), 'The causes of piping in a set of abandoned agricultural terraces in southeast Spain', *CATENA* **69**(3), 282–293. [Cit. páx. 22]
- Rossiter, D. G. (1996), 'A theoretical framework for land evaluation', *Geoderma* **72**, 165–202. [Cit. páx. 138]
- Rossiter, D. G. & Loza, A. (2008), *Technical note: Analyzing land cover change with logistic regression in R*.
URL: <http://www.itc.nl/personal/rossiter/> [Cit. páxs. 94, 95 e 97]
- Rowe, R. L., Street, N. R. & Taylor, G. (2007), 'Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK', *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **13**(1), 271–290. [Cit. páx. 18]
- Saltelli, A., Ratto, M., Tarantola, S. & Campolongo, F. (2006), 'Sensitivity analysis practices: Strategies for model-based inference', *Reliability Engineering and System Safety* **91**, 1109–1125. [Cit. páx. 141]
- Santé Riveira, I. (2005), *Diseño de una metodología y un sistema de ayuda a la decisión espacial para la planificación de los usos del suelo rural*.

- Aplicación a la comarca de Terra Chá*, Tese Doutoral. Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páx. 9]
- Santé Riveira, I. & Crecente Maseda, R. (2006), ‘A review of rural land use planning models’, *Environment and Planning B: Planning and Design* **33**, 165–183. [Cit. páx. 136]
- Santé Riveira, I. & Crecente Maseda, R. (2007), ‘LUSE, a decision support system for exploration of rural land use allocation: application to the Terra Chá district of galicia (NW Spain)’, *Agricultural Systems* **94**(2), 341–356. [Cit. páx. 81]
- Sboarina, C. (2002), Development of a complete climate database using a new GRASS module, in ‘Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002, Trento, Italia’. [Cit. páxs. 170 e 171]
- Schowengerdt, R. A. (2007), *Remote Sensing. Models and methods for image processing (3rd edition)*, Academic Press, Burlington. [Cit. páx. 104]
- Serra, P., Pons, X. & Saurí, D. (2008), ‘Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors’, *Applied Geography* **28**, 189–209. [Cit. páxs. 87 e 97]
- Shapiro, L. G. & Stockman, G. C. (2001), *Computer vision*, Prentice Hall, New Jersey. [Cit. páxs. 108 e 109]
- Sineiro García, F., López Iglesias, E., Lorenzana Fernández, R. & Valdés Paços, B. (2004), ‘La tipología de las explotaciones en función de su viabilidad económica y demográfica; aplicación a las explotaciones de bovino de Galicia’, *Economía Agraria y Recursos Naturales* **4**(8), 63–85. [Cit. páxs. 14, 15 e 27]
- Singer, M. J., Tanji, K. K. & Snyder, J. H. (1979), Planning uses of cultivated cropland and pastureland, in M. T. Beatty, G. W. Petersen & L. D. Swindale, eds, ‘Planning the uses and management of land’, Agronomy series, n. 21, American Society of Agronomy, pp. 225–272. [Cit. páx. 128]
- Sistema de Información Ambiental de Galicia (2009), *Mapa de solos de Galicia a escala 1:50.000*, Xunta de Galicia, Consellería de Medio Ambiente. URL: <http://www.siam-cma.org/siam/> [Cit. páx. 85]
- Skinner, M. W., Kuhn, R. G. & Joseph, A. E. (2001), ‘Agricultural land protection in china: a case study of local governance in Zhejiang province’, *Land Use Policy* **18**(4), 329–340. [Cit. páx. 129]
- Sluiter, R. (2005), *Mediterranean land cover change. Modelling and monitoring natural vegetation using GIS and remote sensing*, Tese Doutoral, Universiteit Utrecht. [Cit. páx. 21]

- Sociedade para o Desenvolvimento Comarcal (2007), *Indicadores de uso do solo*, Edición en disco compacto, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela. [Cit. páx. 37]
- Solecki, W. D. & Oliveri, C. (2004), 'Downscaling climate change scenarios in an urban land use change model', *Journal of Environmental Management* **72**, 105–115. [Cit. páx. 81]
- Soliva, R. (2006), 'Landscape stories: Using ideal type narratives as a heuristic device in rural studies', *Journal of Rural Studies* **23**, 62–74. [Cit. páx. 25]
- Soliva, R., Rønningen, K., Bella, I., Bezak, P., Cooper, T., Flø, B. E., Marty, P. & Potter, C. (2008), 'Envisioning upland futures: Stakeholder responses to scenarios for Europe's mountain landscapes', *Journal of Rural Studies* **24**(1), 56–71. [Cit. páx. 26]
- Soto Fernández, D. (2002), *Transformacións productivas na agricultura galega contemporánea : da Agricultura Orgánica á Revolución Verde (1752-1986), unha aproximación a partir das macromagnitudes*, Tese Doutoral. Universidade de Santiago de Compostela. [Cit. páx. 30]
- Soto Fernández, D. (2006), *Historia dunha agricultura sustentábel. Transformacións produtivas na agricultura galega contemporánea*, Xunta de Galicia, Consellería de Medio Rural. [Cit. páxs. 6, 30, 38 e 43]
- Stéphenne, N. & Lambin, E. F. (2001), 'A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU)', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **85**, 145–161. [Cit. páx. 82]
- Strong, A. L. (1979), *Land Banking: European reality, American prospect*, Johns Hopkins University Press, Baltimore. [Cit. páx. 2]
- Suárez Seoane, S., Osborne, P. E. & Baudry, J. (2002), 'Responses of birds of different biogeographic origins and habitat requirements to agricultural land abandonment in northern Spain', *Biological Conservation* **105**, 333–344. [Cit. páxs. 22 e 24]
- Suprit, K. & Shankar, D. (2008), 'Resolving orographic rainfall on the Indian west coast', *International Journal of Climatology* **28**(5), 643–657. [Cit. páx. 170]
- SWRPC (2008), *Land Evaluation and Site Assessment (LESA) analysis of farmlands in Ozaukee County: 2007*, Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission, Memorandum Report n. 170, Waukesha, Wi. [Cit. páx. 140]

- Taillefumier, F. & Piégay, H. (2003), 'Contemporary land use changes in prealpine Mediterranean mountains: a multivariate GIS-based approach applied to two municipalities in the Southern French Prealps', *CATENA* **51**, 267–296. [Cit. pàx. 87]
- Tan, R., Beckmann, V., van den Berg, L. & Qu, F. (2009), 'Governing farmland conversion: comparing China with the Netherlands and Germany', *Land Use Policy* **26**(4), 961–974. [Cit. pàx. 129]
- Tasser, E., Mader, M. & Tappeiner, U. (2003), 'Effects of land use in alpine grasslands on the probability of landslides', *Basic and Applied Ecology* **4**, 271–280. [Cit. pàx. 22]
- Tasser, E., Walde, J., Tappeiner, U., Teutsch, A. & Nogger, W. (2007), 'Land use changes and natural reforestation in the Eastern Central Alps', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **118**, 115–129. [Cit. páxs. 22, 27 e 87]
- Tulloch, D. L., Myers, J. R., Hasse, J. E., Parks, P. J. & Lathrop, R. G. (2003), 'Integrating GIS into farmland preservation policy and decision making', *Landscape and Urban Planning* **63**, 33–48. [Cit. páxs. 128 e 140]
- Uran, O. & Janssen, R. (2003), 'Why are spatial decision support systems not used? Some experiences from the Netherlands', *Computers, Environment and Urban Systems* **27**, 511–526. [Cit. páxs. 135 e 136]
- Vagen, T. (2006), 'Remote sensing of complex land use change trajectories — a case study from the highlands of Madagascar', *Agriculture, Ecosystems and Environment* **115**, 219–228. [Cit. pàx. 87]
- van Dijk, T. & Kopeva, D. (2006), 'Land banking and central europe: future relevance, current initiatives, western european past experience', *Land Use Policy* **23**, 286–301. [Cit. pàx. 2]
- van Doorn, A. M. & Bakker, M. M. (2007), 'The destination of arable land in a marginal agricultural landscape in South Portugal: an exploration of land use change determinants', *Landscape Ecology* **22**, 1073–1087. [Cit. páxs. 27, 64 e 87]
- van Eetvelde, V. & Antrop, M. (2004), 'Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes - two examples from Southern France', *Landscape and Urban Planning* **67**, 79–95. [Cit. pàx. 27]
- Varga i Linde, D. (2007), *Paisatge i abandonament agrari a la muntanya mediterrània: una aproximació al cas de les valls d'Hortmoier i Sant Aniol (Alta Garrotxa) des de l'ecologia del paisatge*, Tese doctoral, Universitat de Girona. [Cit. pàx. 10]

- Verburg, P. H., Kok, K., Pontius, R. G. & Veldkamp, A. (2006), Modeling land-use and land-cover change, *in* E. F. Lambin & H. J. Geist, eds, 'Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts', Springer-Verlag, Berlin, pp. 117–136. [Cit. páxs. 82 e 83]
- Verburg, P. H., Koning, G. H. J., Kok, K., Veldkamp, T. A. & Bouma, J. (1999), 'A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use', *Ecological Modelling* **116**, 45–61. [Cit. páx. 82]
- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J. & Veldkamp, T. A. (2004), 'Land use change modelling: current practice and research priorities', *GeoJournal* **61**, 309–324. [Cit. páxs. 81 e 82]
- Walker, R. & Solecki, W. (2004), 'Theorizing land-cover and land-use change: the case of the Florida everglades and its degradation', *Annals of the Association of American Geographers* **94**(2), 311–328. [Cit. páx. 83]
- Witlox, F. (2005), 'Expert systems in land-use planning: an overview', *Expert Systems with Applications* **29**, 437–445. [Cit. páxs. 133 e 134]
- Witten, I. H. & Frank, E. (2005), *Data mining: practical machine learning tools and techniques*, 2^a edición, Morgan Kaufmann, San Francisco. [Cit. páxs. 107 e 112]
- Xunta de Galicia (1992–2006), *Anuario de estatística agraria (1991-2005)*. [Cit. páx. 34]

Índice alfabético

A

Abandono (definición), 14
Anuarios estadísticos
 Ministerio de Agricultura, 31
 Xunta de Galicia, 34

B

Benchmarking, 166

C

Censo Agrario, 33
Clasificación de imaxes
 Definición, 104
Compañía Española de Trabajos Fotogramétricos Aéreos, 61
Corine Land Cover, 35

E

Encuesta de Estrutura de las Explotaciones, 33
Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos, 32
Erro medio cuadrático, *véxase* Precisión planimétrica

G

Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM), 105

I

Índice de Moran, 92
Interpolación, 170
Intervalos de confianza, 66
Inventario Forestal Nacional, 35

L

Land Use/Cover Area frame statistical Survey, 63
Land Use/Land Cover Change (LUCC), 80
Logit, 84
Lugar de Importancia Comunitaria, 50

M

Mapa de Cubertas e Usos do Solo de Galicia, 37
Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, 36
Modelo autorregresivo, 93
Modelo de aptitude, 136
Modelos de axentes, 166

P

Paquetes de R
 RWeka, 107
 sensitivity, 141
 spdep, 92
 spgrass6, 106
Pasteiros (definición), 33
Patrimonio Forestal do Estado, 71
Poboación activa agraria, 14
Política Agraria Común, 2
Precisión planimétrica, 62

R

Recinto SIGPAC (def.), 38
Rede Natura 2000, 22, 50
Regresión loxística, 84
Repoboación forestal, 16, 71, 76
Reserva Agrícola Nacional, 18

S

Segmentación por umbrais, [108](#)
Shuttle Radar Topographic Mission, [171](#)
Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, [37](#)
Splines, [170](#)

T

Terra marxinal, [18](#)
Textura dunha imaxe, [105](#)
Thresholding, *véxase* Segmentación por umbrais

V

Variable *proxy*, [83](#)
Voo fotográfico da Serie A, [61](#)
Voo fotográfico da Serie B, [61](#)
Voo serie B (1956-1957), [9](#)
Voxel, [172](#)

W

Web Map Server, [10](#)

Curriculum Vitae

Eduardo Corbelle (Santiago de Compostela, 1979) é Enxeñeiro Técnico Forestal (2001) e Enxeñeiro de Montes (2004, Premio Extraordinario de Fin de Carreira) pola Escola Politécnica Superior de Lugo da Universidade de Santiago de Compostela. Recibiu especialización adicional en técnicas de teledetección espacial coa elaboración do seu proxecto de fin de carreira de Enxeñería de Montes (“Obtención de ortoimaxes a partir de imaxes de satélite *QuickBird*”, febreiro de 2004) e do traballo de investigación conducente á obtención do Diploma de Estudos Avanzados na Área de Enxeñería Cartográfica, Xeodésica e Fotogrametría (“Estimación de densidades de masa a partir de imaxes de alta resolución mediante a identificación de máximos locais nos niveis dixitais”, xuño de 2006).

En febreiro de 2010 obtivo o título de Doutor Enxeñeiro de Montes coa defensa da presente tese de doutoramento, realizada dentro do grupo de investigación 1934–Laboratorio do Territorio da USC, ó abeiro dun contrato predoutoral do programa María Barbeito da Dirección Xeral de Investigación, Desenvolvemento e Innovación da Xunta de Galicia. A súa formación complementaria inclúe un Diploma de *Experto en Métodos Avanzados de Estadística Aplicada* pola Universidade Nacional de Educación a Distancia, así como diversos cursos sobre sistemas de información xeográfica e aplicacións de tratamento de imaxes. Por outra parte, conta con experiencia docente en diferentes cursos de formación, entre os que destaca a capacitación do persoal técnico do Centro de Información Geográfica de Matagalpa (Nicaragua) no manexo do paquete de tratamento de imaxes *Erdas Imagine*.